

# **Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie

Zaměření: obrábění a montáž

## **PŘEVOD OBRÁBĚNÍ PŘÍČNÍKU A PŘEDSTAVKU ZE STROJE WHN 13 NA STROJ FRFQ 300 VE FIRMĚ TRANSPORTATION BOMBARDIER A.S. ČESKÁ LÍPA**

## **CROSS-BEAM AND HEADSTOCK MACHINING PROCESS TRANSFER FROM THE WHN 13 TO THE FRFQ 300 MACHINE AS PERFORMED BY THE TRANSPORTATION BOMBARDIER A.S. ČESKÁ LÍPA**

**KOM – 1159**

***Lenka Krejčová***

Vedoucí práce: Ing. Jiří Lubina Ph.D.

Konzultant: Ing. Václav Procházka – Bombardier Transportation a.s.

Počet stran: 62

Počet příloh: 21

Počet tabulek: 3

Počet obrázků: 53

19. 12. 2011

**PŘEVOD OBRÁBĚNÍ PŘÍČNÍKU A PŘEDSTAVKU ZE  
STROJE WHN 13 NA STROJ FRFQ 300 VE FIRMĚ  
TRANSPORTATION BOMBARDIER A.S. ČESKÁ LÍPA**

*ANOTACE:*

Bakalářská práce popisuje převod výroby z vodorovné vyvrtávačky WHN 13 na obráběcí centrum FRFQ 300 sledované na dvou svařencích. Porovnání skutečných a teoretických řezných podmínek obou strojů, porovnání použitých nástrojů a ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: VODOROVNÁ VYVRTÁVAČKA, OBRÁBĚCÍ CENTRUM, OBRÁBĚNÍ, FRÉZA, SVAŘENEC.

**CROSS-BEAM AND HEADSTOCK MACHINING PROCESS  
TRANSFER FROM THE WHN 13 TO THE FRFQ 300 MACHINE  
AS PERFORMED BY THE  
TRANSPORTATION BOMBARDIER A.S. ČESKÁ LÍPA**

*ANNOTATION:*

The Bachelor thesis describes, based on observation of two weldments, how the production was transferred from a horizontal boring machine WHN 13 to a machining centre FRFQ 300. The thesis also compares the real and theoretical cutting conditions for both machines, draws a comparison between the tools used, and presents an economic evaluation.

Key expressions: HORIZONTAL BORING MACHINE, MACHINING CENTRE, MACHINING PROCESS, CUTTER, WELDMENT.

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2011

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 62

Počet příloh: 21

Počet tabulek: 3

Počet obrázků: 53

## **MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom po-vinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

19. 12. 2011

.....

Lenka Krejčová

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto cestou poděkovat Ing. Jiřímu Lubinovi Ph.D. za cenné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Václavovi Procházkovi z firmy BTCZ, který mi vyšel vstříc s poskytováním informací pro tvorbu bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala pracovníkům firmy BTCZ za poskytování cenných rad a informací.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým nejbližším za podporu, trpělivost a dodávání pohody při studiu.

## Seznam zkratk a symbolů

Označení	Jednotka	Legenda
cca	[-]	přibližně
DPH	[-]	daň z přidané hodnoty
Kč	[-]	koruna česká
kap.	[-]	kapitola
kg	[-]	kilogram
mm	[-]	milimetr
m	[-]	exponent dle tab.1 v příloze
max.	[-]	maximálně
min.	[-]	minuta
např.	[-]	například
obr.	[-]	obrázek
ot.	[-]	otáčky
pr.	[mm]	průměr
podkap.	[-]	podkapitola
RO	[-]	rychlořezná ocel
Ra	[μm]	drsnost povrchu
odst.	[-]	odstavec
SK	[-]	slinutý karbid
tab.	[-]	tabulka
tzn.	[-]	to znamená
VB	[-]	opotřebení břitů nástroje
VBD	[-]	výměnná břitová destička
VBK	[-]	kritické opotřebení břitů nástroje
μm	[-]	mikrometr

## Obsah

1. Úvod.....	8
1.1. Bombardier Transportation Czech Republic a.s.....	8
1.2. Historie firmy.....	8
2. Teoretická část technologie obrábění.....	10
2.1. Tvorba technologických postupů.....	10
2.2. Použité a vztahy.....	11
3. Horizontální vyvrtávačka WHN 13 CNC.....	14
3.1. Popis stroje.....	14
3.2. Technické parametry.....	14
3.3. Schema stroje.....	14
4. Obráběcí centrum FRFQ 300 VR/A10.....	15
4.1. Popis stroje.....	15
4.2. Technické specifikace stroje.....	15
4.3. Schematické znázornění os.....	16
4.4. Výhody obráběcích center.....	16
5. Popis svařované podskupiny „příčníc KKE“.....	17
5.1. Konstrukční provedení a požadavky na jakost.....	17
5.2. Pracovní postup na stroji WHN 13 CNC.....	17
5.2.1. Pracovní postup při prvním upnutí do přípravku.....	18
5.2.2. Pracovní postup při druhém upnutí v témže přípravku.....	20
5.2.3. Pracovní postup při obrábění ve druhém přípravku.....	22
5.3. Pracovní postup pro FRFQ 300.....	22
5.4. Porovnání přípravných a výrobních časů na strojích WHN 13 a FRFQ 300.....	26
6. Popis svařované podskupiny „představek KKE“.....	28
6.1. Konstrukční provedení a požadavky na jakost.....	28
6.2. Pracovní postup na stroji WHN 13.....	28
6.3. Pracovní postup obrábění představku na FRFQ 300.....	31
6.4. Porovnání přípravných a výrobních časů na strojích WHN 13 a FRFQ 300.....	35
7. Zvýšení produktivity práce operátora (pracovníka).....	38
8. Porovnání produktivity vybraného procesu obrábění - případová studie.....	39
8.1. Soustava SNOP.....	39
8.2. Porovnání skutečných řezných podmínek na obou strojích.....	40
8.3. Porovnání teoretických řezných podmínek na obou strojích.....	40
8.4. Porovnání strojů.....	47
8.5. Porovnání nástrojů.....	48
8.5.1. Porovnání trvanlivosti břitů.....	48
8.5.2. Porovnání životnosti nástrojů (VBD).....	50
8.6. Porovnání jakosti obrobku.....	51
8.7. Porovnání přípravků.....	51
8.7.1. Porovnání času výměny nástrojů ve vřetenu.....	51
8.7.2. Porovnání výměny obrobku v přípravku.....	51
8.8. Porovnání ekonomického hodnocení procesu obrábění.....	52

9. Shrnutí výhod a nevýhod převodu. Ekonomické hodnocení.....	56
10. Předpoklady realizace převodu.....	57
11. Závěrečné hodnocení.....	58
12. Závěr.....	59
Seznam použité literatury.....	61
Seznam příloh.....	62

## 1.Úvod

Vzhledem k vývoji v technologii obrábění bylo do firmy Transportation Bombardier a.s. respektive Bombardier Transportation Czech Republic a.s. pořízeno obráběcí centrum FRFQ 300. Celá práce se zabývá převodem obrábění dvou vybraných svařenců z vodorovné vyvrtávačky WHN 13 na nové obráběcí centrum FRFQ 300.

Tyto svařence si BTCZ sám vyrábí a dále je potom sám zpracovává. Jde o svařence “příčník KKE” a “představek KKE”.

Příčník je svařená podskupina, která vstupuje do představku. Je obráběna na technologické rozměry podle technologického výkresu pro další upnutí do přípravku.

Představek je obráběn na čisté rozměry podle konstrukčního výkresu. Představek je po obrobení dále v počtu dvou kusů vkládán a svařen do spodku vozu, který následně vstupuje do kompletní skříně vozu.

### 1.1.Bombardier Transportation Czech Republic a.s.

Bombardier Transportation Czech Republic a.s. dále jen BTCZ (viz obr. 1.1) je dceřinnou společností kanadského koncernu Bombardier Inc. a patří do skupiny Bombardier Transportation. Bombardier Transportation konstruuje, vyrábí a dodává na trh kolejová vozidla v oblasti železniční dopravy. BTCZ vyrábí hrubé stavby vozových skříní (viz obr. 1.3), které se dále v sestřiných společnostech po celém světě montují do finálních podob (viz obr. 1.4) [1].



*Obr.1.1 Nynější letecký pohled na komplex výrobních hal [1].*

### 1.2.Historie firmy

Podnik byl založen 8.9.1918 jako Severočeská vozovka a strojírna Česká Lípa. Do roku 1930 zde probíhala výroba nákladních a osobních vagónů, tramvají (viz obr. 1.2) a lokomotiv. V roce 1932 se přeměnil na Bohemia vozovka a strojírna s.r.o. a stal se součástí koncernu Ringhoffer Tatra. V letech 1931 až 1945 zde byly vyráběny železniční vagóny, stavební a potravinářské stroje. V roce 1940 byl podnik zaměřen na



válečný výrobní program. Roku 1946 byl podnik znárodněn a v roce 1950 přejmenován na Vagónka TATRA Česká Lípa n.p. V letech 1960 až 1990 byly zde vyráběny nákladní a speciální železniční vozy, které byly exportovány do celého světa. V roce 1996 koupil Deutsche Waggonbau AG majoritní balík akcií. Byl zahájen investiční program, jehož cílem bylo optimalizovat průběh podnikových procesů. V roce 1998 se novým majitelem stává kanadský koncern Bombardier Inc., jehož divize Bombardier Transportation získala Deutsche Waggonbau AG. V roce 2003 došlo k přejmenování společnosti na Bombardier Transportation Czech Republic a.s. Nyní se Transport Bombardier soustředí na dodávky svařovaných komponentů pro kolejová vozidla pro osobní dopravu např.: skříně osobních vozů; spodky, střechy, bočnice, čela a kabiny osobních vagónů; spodky vozů metra; spodky tramvají atd [1].



*Obr.1.2 Tramvaj vyráběná ve firmě ve 30. letech minulého století [1].*



*Obr.1.3 Vlak pro osobní přepravu vyráběný dnes v BTCZ [1].*



*Obr.1.4 Finální podoba vlaku dnešní výroby [1].*

## **2.Teoretická část technologie obrábění**

Obrábění je oddělování částic materiálu od obrobku břitem nástroje a vytváření tak povrchu požadovaného tvaru, rozměru a jakosti. Celý proces se tak děje na obráběcím stroji k tomu určeném a na možnosti nastavení jeho parametrů. K vyhovující kvalitě obrobku při výběru vhodného stroje je také důležité použití nástroje z vhodného materiálu a s dostatečnou trvanlivostí. Dále je důležité zvážit použití upínacího přípravku. Upínací přípravek je ovlivněn počtem kusů v dávce a použitím obráběcího stroje [4].

### **Frézování**

Jedním z druhů obrábění je frézování. Frézování je obrábění rovinných, tvarových ploch, vnitřních nebo vnějších vícebřítým nástrojem. Nástroj zde koná pohyb otáčivý, obrobek posuvný. Obráběcí proces se děje frézováním obvodem válcové frézy nebo čelem čelní frézy. Při frézování válcovou frézou rozeznáváme frézování na sousledné a nesousledné [7].

### **2.1.Tvorba technologických postupů**

Technologický postup je plán výrobního procesu. Výrobní proces je činnost, při které se materiál přetváří na hotový výrobek. Tato přeměna se děje za účasti pracovní síly a výrobního zařízení [6].

Technologický postup musí obsahovat:

- název součásti,
- číslo součásti,
- počet kusů v dávce,
- velikost polotovaru,
- jakost materiálu,
- vzestupná čísla operací, která se dále dělí na úseky, úkony, pohyby,
- čísla pracoviště,
- podrobný popis prací ve správném sledu a se správnými, stručnými a srozumitelnými údaji,
- výrobní prostředky,
- technologické podmínky,
- parametry strojů,
- časy k provedení jednotlivých operací.

Každý technologický postup se ve výrobním procesu je publikován s konstrukčním a technologickým výkresem a s technologickým kusovníkem.

### **Rozčlenění technologického postupu**

Technologický postup se skládá z operací. Operace je ucelená technologická část procesu vykonávaná na jednom pracovišti např. na jednom obráběcím stroji. Operace se dále dělí na úseky. Každý úsek má jiné řezné podmínky nebo jiné nástroje

např. hrubování a obrábění na čisto. Úsek se dělí na úkony. Úkon je jednotlivý popis každého pohybu např. upnout polotovár, spustit stroj, najet nástrojem, obrábět, vyjet nástrojem, zastavit stroj. Úkon se dělí na jednotlivé pohyby. Pohyby jsou např. uchopit polotovár, vložit do svěráku, utáhnout [6].

### **Vlivy na tvorbu technologického postupu**

Jedním z vlivů na tvorbu technologického postupu může být samotná volba druhu obrábění. Obráběcí práce se dělí na hrubovací, práce na čisto a práce dokončovací [6].

- Při hrubování je odebírán největší objem materiálu. Ekonomickým a produktivním řešením je použít vhodného nástroje, který odebere materiál na jednu třísku.
- Při obrábění na čisto získává obrobek požadovanou rozměrovou a geometrickou přesnost a drsnost povrchu.
- Dokončovací operace jsou zařazeny výjimečně a spočívají např. v odjehlování.

Dalším vlivem na tvorbu technologického postupu je vybavenost dílen, strojového parku, přípravků, speciálních nástrojů a měřidel [6].

Důležitým vlivem je předepsaný stupeň přesnosti a jakost obrobených ploch zejména z pohledu výrobních zařízení a celkové pracnosti resp. celkových nákladů [6].

Dále potom kvalifikace pracovníků. Kvalifikovaní pracovníci jsou pracovníci svého řemesla s dostatečnou praxí. Přeskolení pracovníci jsou pracovníci, kteří v rámci přeskolení získali plnohodnotnou kvalifikaci. Zaškolení pracovníci jsou pracovníci s řemeslnickou praxí v nižších kvalifikacích. Pomocní pracovníci jsou ti, kteří vykonávají ostatní práce [6].

Neméně důležitým vlivem je uspořádání výrobní linky a tím spojená logistika firmy. Zamezení zbytečných manipulací. Seřazení a obsah operací musí minimalizovat neproduktivní manipulační časy pro přesuny mezi pracovišti [6].

Také bezpečnost a ochrana zdraví ovlivňuje tvorbu technologického postupu. Technologický postup musí respektovat zákonné a ostatní předpisy, které se zabývají bezpečností práce a ochrany zdraví. Proto jsou v technologických postupech uvedeny i způsoby použití výrobních prostředků, manipulace s výrobkem a používané ochranné pomůcky [6].

## **2.2.Použité vztahy**

Níže uvedené vztahy jsou nutné pro výpočet délky obrábění, posuvové rychlosti, otáček, hloubky třísky a jednotkového času [3].

Výpočet strojního času (2.1)

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} \quad [\text{min}] \quad (2.1)$$

kde:

$L$  celková délka obrobené plochy [mm],

$t_{as}$  jednotkový čas [min],

$v_f$  posuvová rychlost [mm/min].

Výpočet posuvové rychlosti (2.2)

$$v_f = f_z * z * n \quad [\text{mm/min}] \quad (2.2)$$

kde:

$f_z$  posuv na zub [mm],

$v_f$  posuvová rychlost [mm/min],

$n$  otáčky [ot/min],

$z$  počet zubů [ks].

Dráha nástroje při válcovém frézování (2.3)

$$L = l + l_n + l_p + l_{nf} \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

kde:

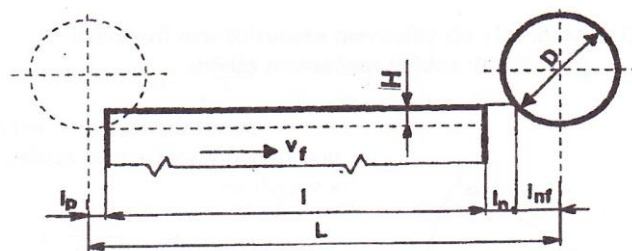
$L$  celková délka obrobené plochy [mm],

$l$  délka obrobku [mm],

$l_n$  najetí nástrojem k materiálu [mm],

$l_p$  přejetí nástrojem přes materiál [mm].

Vzdálenost mezi prvním úběrem materiálu a středem nástroje (viz obr. 2.1) (2.4)



Obr.2.1 Válcové frézování [3]

$$l_{nf} = \sqrt{H(D - H)} \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

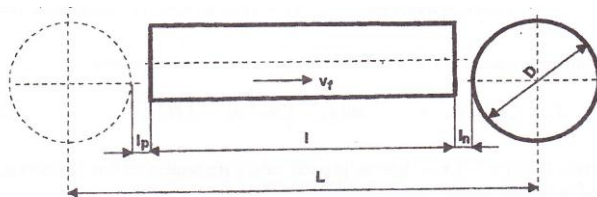
kde:

$D$  průměr frézy [mm],

$l_{nf}$  vzdálenost mezi prvním úběrem materiálu a středem nástroje [mm],

$H$  radiální hloubka řezu [mm],

Dráha nástroje při čelním frézování (viz obr. 2.2) (2.5).



Obr.2.2 Čelní frézování na čisto asymetrické [3]

$$L = l + l_n + l_p + D \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$

kde:

D průměr frézy [mm],

L celková délka obrobené plochy [mm],

l délka obrobku [mm],

$l_n$  najetí nástrojem k materiálu [mm],

$l_p$  přejetí nástrojem přes materiál [mm].

Řezná rychlost (2.6)

$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad [\text{ot/min}] \quad (2.6)$$

kde:

D průměr frézy [mm],

n otáčky [ot/min],

$v_c$  řezná rychlost [m/min].

Výpočet pro hloubku třísky (2.7)

$$h = f_z * \sin \kappa_r \quad [\text{mm}] \quad (2.7)$$

kde:

$f_z$  posuv na zub [mm],

$h$  hloubka řezu [mm],

$\kappa$  úhel nastavení [°].

### 3. Horizontální vyvrtávačka WHN 13 CNC

#### 3.1. Popis stroje

Horizontální vyvrtávačka WHN 13 (viz obr. 3.1) je koncepčně řešena jako vodorovná vyvrtávačka křížová s otočným pracovním stolem a výsuvným vřetenem. Provedení stroje je levé, tzn. že vřeteník je z místa obsluhy na levé straně. Stroj je přizpůsoben pro použití souvislého řídicího systému [13].

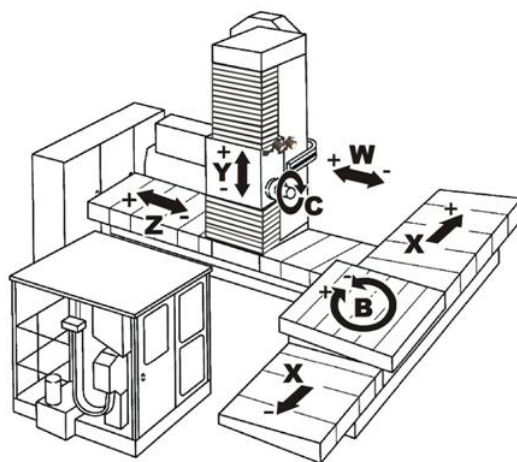


Obr.3.1 Horizontální vyvrtávačka [13].

#### 3.2. Technické parametry stroje

Vodorovná vyvrtávačka má možnost pohybu stolu v osách "X" a "B", možnost pohybu stojanu v osách "Y" a "W", možnost pohybu vřetená v osách "Z" a "C" (viz obr. 3.2). Další parametry stroje jsou uvedeny v příloze (viz příloha 10) [2, 13].

#### 3.3. Schema stroje



Obr.3.2 Schematické znázornění os [2].

## 4.Obráběcí centrum FRFQ 300 VR/A10

### 4.1. Popis stroje

Obráběcí centrum (viz obr. 4.1) je určeno pro obrábění tvarově velmi složitých obrobků velkých rozměrů – jako jsou formy, lisovací nástroje, zápustky – až v pěti souvisle řízených osách (tři lineární a dvě rotační) (viz obr. 4.2) podle typu použité vřetenové hlavy. Základním znakem stroje je pojezdový portál, který umožňuje plné využití pracovního prostoru stolu s ohledem na minimální požadavky na zastavěný prostor.

Stroj je osazen jedním vertikálním vřeteníkem vybaveným mechanismem pro automatické upnutí výměnných vřetenových hlav [13].



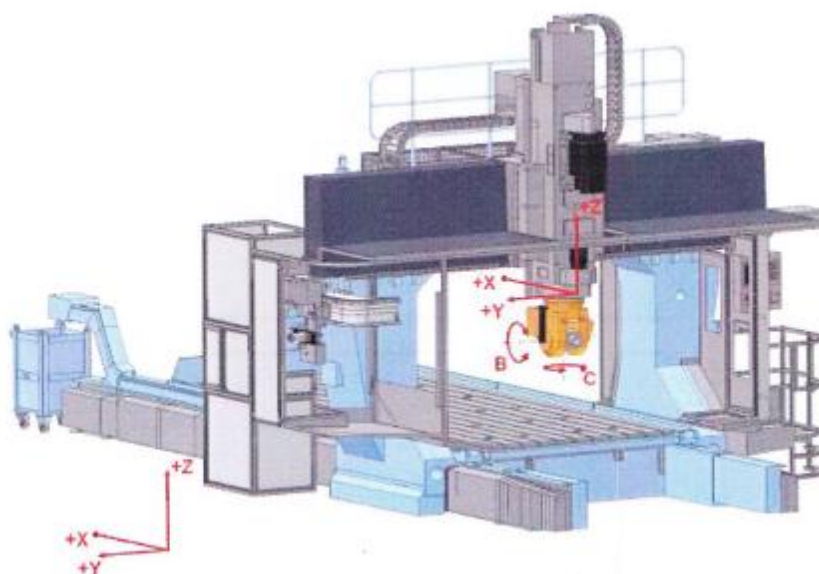
*Obr.4.1 Obráběcí centrum [13].*

### 4.2.Technické specifikace stroje

Obráběcí portálové centrum model FRFQ 300-VR/A10 s řídicím systémem Heidenhain iTNC 530, digitální pohony Heidenhain, ve standardním provedení, metrické provedení na síť AC 3PE 50Hz, 400V. Technické parametry stroje (viz. příloha 11) [13].



### 4.3.Schematické znázornění os



*Obr.4.2 Obráběcí centrum se zakreslenými osami [13].*

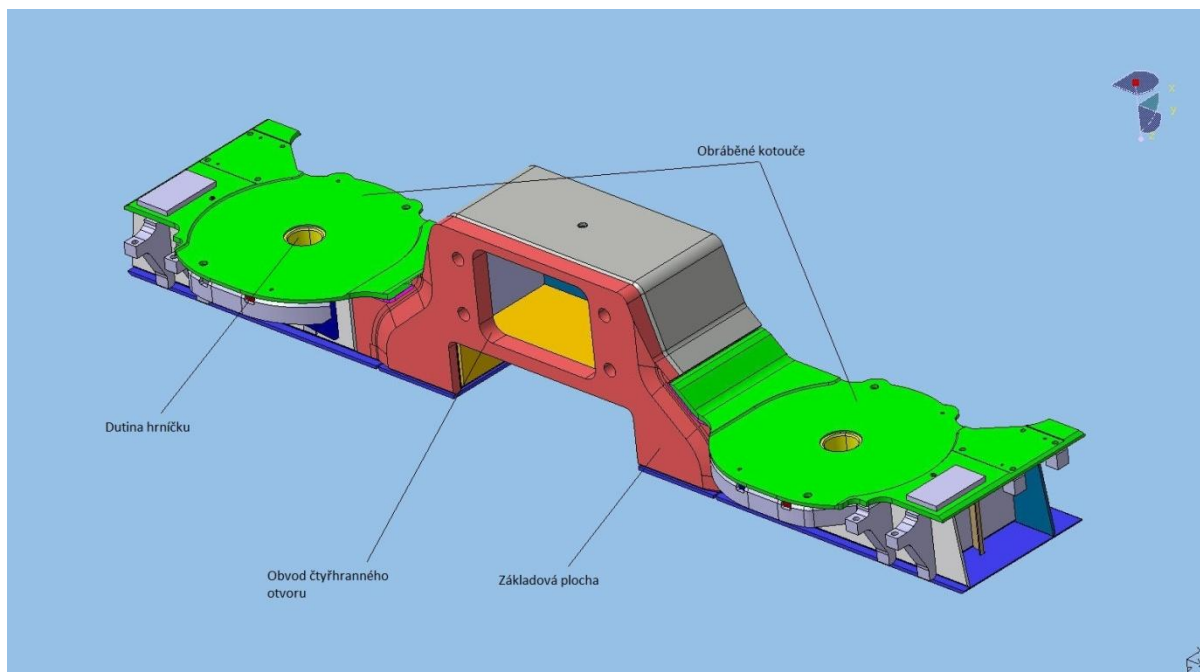
### 4.4.Výhody obráběcích center

- Zvýšení produktivity práce zkrácením přídavných a vedlejších časů.
- Zkrácení průběžné doby výroby součástí.
- Výrazné snížení nároků na přípravky a další výrobní pomůcky.
- Podstatné snížení četnosti a náročnosti manipulačních úkonů.
- Zvýšení přesnosti obráběných součástí prováděním různých operací při jednom upnutí.
- Zjednodušení řízení výrobního procesu.
- Zvýšení kultury práce a pracovního prostředí. [8]



## 5. Popis obráběné podskupiny „příčník KKE“

Příčník (viz obr. 5.1) je hlavní svařovanou podskupinou představku, kde je napojen podvozek osobního vozu včetně vypružení.



Obr.5.1 Obráběné části příčníku[13].

### 5.1. Konstrukční provedení a požadavky na jakost

Příčník jako část představku má vnitřní prostor využíván jako tlakovou nádobu. Využití příčníku jako tlakové nádoby vyžaduje i speciální konstrukci, v rozích totiž vzniká napětí ze všech tří stran. Aby nedošlo k porušení svařence jsou zde konstrukčně umístěna a navařena žebra.

Délkové a toleranční rozměry jsou kótovány na výkrese. Rovinnosti udává norma v razítku výkresu. Drsnosti uvádí výkresy dílců. U frézování je to většinou Ra 12,5  $\mu\text{m}$ . Větší požadavky rozměrových tolerancí jsou kladeny na přesné otvory a otvory se závitem. Rozměrové tolerance jsou v rozmezí  $\pm 0,5\text{mm}$ . Drsnosti otvorů jsou podle výkresu Ra 3,2  $\mu\text{m}$  (viz příloha 1, 2, 3).

### 5.2. Pracovní postup na stroji WHN 13 CNC

Na vodorovné vyvrtávačce je možné obrábět pouze v horizontální poloze vřetene. Poloha vřetene se nemění. Je-li požadavek obrábění z několika stran obrobku, lze toho dosáhnout pouze pootáčením pracovního stolu. Vzhledem k velikosti pracovního stolu stroje je svařenec upnut do přípravku a přípravek potom k pracovnímu stolu. Při pootáčení stolu však nelze obrábění provést, protože kostra přípravku brání přístupu nástroje k obrobku. V takovém případě je nevyhnutelné použít druhý přípravek, který umožní obrábění jiných ploch než v přípravku prvním. Z toho

plyne upínání v průběhu výroby do dvou a více přípravků. Přepínání a manipulace s obrobkem o vysoké hmotnosti probíhá pomocí jeřábu.

### 5.2.1. Pracovní postup při prvním upnutí do přípravku

Příčník je upnut do přípravku, jeřábem o nosnosti 12 500 kg je ustaven na stůl stroje (viz obr. 5.2). Pracovní otočný stůl horizontální vyvrtávačky WHN 13 má nosnost 12 000 kg. Po ustavení následuje vyrovnaní a nivelování přípravku do vodorovné polohy. Příčník je svařená podskupina, proto záleží na přesném ustavení. Na některých plochách se může odebrat jenom určité množství materiálu. Tyto plochy nesmí mít menší tloušťku materiálu, než je konstrukčně předepsáno tzn., že nesmí být podfrézované.



*Obr.5.2 Přípravek s příčnickem upnutý ke stolu*

Pro vyrovnaní a nivelování přípravku jsou používány ustavovací panenky. Při vyrovnaní musí být kontrolovány přídatky u kóty 127 mm (viz příloha 2, 3) od osy čtyřhranného otvoru k obrobené ploše kotoučů. Potom je nutné rozměřit svařenec s ohledem na celkovou šířku  $2805 \pm 0,5$  mm. Ještě jednou musí být kontrolován přídatek u kóty 127 mm mezi osou pouzder a základovou plochou.

Ve chvíli, kdy je přípravek s příčnickem dokonale upnut a ustaven, pracovní obsluha stroje musí upnout nástroj podle předepsaného CNC programu. Nyní může být spuštěn program. Prvním krokem obrábění je frézování základové plochy. Po celou dobu frézování je do místa dotyku nástroje a obrobku přiváděna chladicí kapalina. Chladicí kapalina - emulze - je směs oleje a vody v určitém poměru. Slouží jednak k ochlazení místa, kde vzniká pomocí tření vysoká teplota, která by mohla poškodit nástroj i obrobek, ale také odvádí nečistoty z místa řezu.

Následuje výměna nástroje, kterou vždy provádí pracovní obsluha stroje a poté sousledné frézování obvodu čtyřhranného otvoru  $270H10 \times 390H10$  „ježkovou frézou“ (viz obr. 5.3). Dále vyměnit nástroj, vrtat 4 x otvor pr. 25 mm a pr. 39 mm a následně všechny otvory vystružit. Pro vrtání zmíněných otvorů musí být použita vrtací tyč, protože zmenšené otvory jsou vypáleny už v dílci z důvodu jednoduchého upnutí do svařovacího přípravku. Při použití obyčejného vrtáku do předvrtaných otvorů by mohlo

dojít k vyosení celého otvoru. Vrtací tyč má dva výměnné břity a nenechává se vést předvrtaným otvorem.

Následuje navrtání středícím vrtákem, vrtání a řezání závitů 4 x M8, sražení hran.



*Obr.5.3 Čelní válcová fréza s mechanicky upínanými vyměnitelnými břitovými destičkami, se zuby ve šroubovici, se stopkou ISO „ježková fréza“ pro obrábění obvodu čtyřhranného otvoru.*

Při obrábění zůstává chladicí kapalina v místech, která nemají otvory. Z takových nepřístupných míst je potřeba chladicí kapalinu odstranit pomocí pumpičky (viz obr. 5.4). Do pumpičky nasát kapalinu a vypustit ji do odtokových kanálů stroje. Kapalina ve stroji je filtrována a opět soustředována do zásobníku. Nevyměňuje se, pouze se dolévá.



*Obr.5.4 Nasátí chladicí kapaliny do pumpičky.*

Obráběcí třísky je nutné vždy vymést. Z vnitřní strany dutiny odstranit otřepy vzniklé po vrtání.

V tuto chvíli je dokončeno obrábění z první strany obrobku. Následuje obrábění na šířku příčnicku. To znamená otočit stůl o 90° kolem osy „Y“, frézovat jednu stranu po celé délce žebra, odjehlit.

Otočit stůl o 180° kolem osy „Y“, frézovat druhou stranu po celé délce žebra na rozměr šířky příčnicku.

V této poloze přípravku jsou vykonané všechny potřebné úkony, pro další úkon je nutné otočit celý přípravek s obrobkem kolem osy „X“ mimo stůl stroje (viz obr. 5.5).



*Obr.5.5 Manipulace přípravku a příčnicku.*

Celý přepínací proces probíhá následně. Upínky přípravku uvolnit, přípravek odepnout od stolu, pomocí jeřábu přípravek s obrobkem odložit na vyhrazené místo na zemi, přepnout řetězy jeřábu, přípravek otočit o 90° kolem osy „X“. Otočený přípravek jeřábem opět ustavit na stůl, upnout.

#### **5.2.2. Pracovní postup při druhém upnutí v témže přípravku**

Do vřetena stroje upnout frézu, spustit program. Fréza točivým pohybem obrobí postupně oba kotouče na příčnicku na rozměr 13,5 mm (viz obr. 5.6) podle výkresu. Úběr materiálu je omezený. Smí se odebrat materiál jenom do technologického rozměru svařence, takže se může stát, že některé plochy zůstanou neobrobené. Znamená to, že po vyrovnávání svařeného kusu mohlo dojít na rovinacím lise k nepatrnému promáčknutí, které je viditelné až po obrobení. V tuto chvíli část neobrobených ploch není na závadu, protože je zde technologický přídavek pro obrábění na čisto. Obrobené plochy slouží k následnému upnutí do svařovacího přípravku. Po svaření vyšší podskupiny – představku – bude obráběcí stroj ještě jednou zmíněné plochy obrábět. Obrobené plochy musí být po obvodě odjehleny.



*Obr.5.6 Na otočeném přípravku se obrábí kotouče a dutiny v kotoučích.*



Dutina v navařeném „hrníčku“ pr. 85H8 do hloubky 67,5 mm je obráběna dvoubřitým nástrojem. Dno hrníčku musí být v době obrábění zakryto zátkou (viz obr. 5.7). V opačném případě by mohly obrobené třísky napadat do dutiny tlakové nádoby a v následném případě by mohly způsobit potíže v brzdovém systému celého vlaku.



*Obr.5.7 Zátky pro zakrytí dna v dutině hrníčku.*

Spodní zhloubení v hrníčku pr. 75 mm do hloubky 72,5 mm obrábět rotačním nožem. Všechny třísky z obrábění a kovové nečistoty odstranit magnetickou tyčí a vzduchem. Tyč pro odstranění špon je kovová trubka, ve které se pohybuje magnetická tyčovina.

Pro konečné čištění je možné použít tlakový vzduch. Nakonec v dutinách hrníčků obrábět sražení hran.



*Obr.5.8 Obrábění dutin v kotoučích.*

Po obrobení dutin obou hrníčků (viz obr. 5.8) a odstranění špon a jiných nečistot vyjmout zátku pro obrábění a dutinu tlakového válce, zátkovat plastovou jednorázovou zátkou. Tato zátky ve svařenci už zůstane po celou zbylou dobu výroby a brání tak naplnění dutiny chladicí kapalinou, nečistotami, ale i nátěrovými hmotami na lakovně.

Dalším krokem je navrtání všech otvorů středícím vrtákem, vrtání otvorů pro závity a samotné řezání závitů 2x G1/8“. Dále potom vrtat 4x otvor pr. 22 mm, a 4x otvor pr. 10 mm.

Tímto jsou vyrobeny všechny otvory, zbývá provést šířku příčnicku na rozměr  $2805 \pm 0,5$  mm s úkosa pro sváry. Úkosa nelze podcenit, protože v těchto spojích jsou ve vyšší podskupině prováděny rentgenové zkoušky.

Úkosa pro sváry jsou frézovány v poloze otočení stolu kolem osy „Y“ o  $50^\circ$ . Poté je svařenec v současném přípravku kompletně vyroben. Zbylá místa není možné obrobit v tomto přípravku, protože konstrukce přípravku brání styku nástroje s obrobkem.

### 5.2.3. Pracovní postup při obrábění ve druhém přípravku

Přípravek uvolnit od obráběcího stolu, a jeřábem podle manipulačního předpisu přemístit na určené místo. Vyjmout svařenec z původního přípravku a vložit do přípravku pro konečnou fázi. Obrobek v přípravku upnout (viz obr. 5.9) a jeřábem opět dopravit zpět na obráběcí stůl. Pomocí upínek ustavit a upnout ke stolu. V této poloze je již provedeno pouze zarovnání žeber na zadní straně obrobku a sražení hran pro sváry.



*Obr.5.9 Příčnick přípravku pro konečnou fázi.*

Po obrobení posledních ploch opět uvolnit přípravek od stolu a jeřábem přepravit na vyhrazené místo. Uvolnit upínky na přípravku a obrobek vyjmout. Obrobek odložit na paletu, která je následně odvezena do odmašťovny. Zde se odstraní zbylá emulze a příčnick je odvezen do svařovny, kde je z něho vyroben představek.

### 5.3. Pracovní postup pro FRFQ 300

Příčnick zavěsit na řetězy jeřábu a přenést na kostky ustavené na stole obráběcího centra. Spustit na kostky a s použitím panenek (viz obr. 5.10) ustavit do roviny. Jeřáb má nosnost 12 500 kg, příčnick má hmotnost cca 405,08 kg.



*Obr.5.10 Ustavovací panenky.*

Příčník je svařená podskupina, kde se svařování provádí ve svařovacích přípravcích. Svařovacím inženýrem jsou přesně zadány parametry svařování a svařovací sekvence. I v takových případech je však jisté, že po vyjmutí svařence ze svařovacího přípravku nejsou dodrženy rovinnosti a kolmosti svařence, přesto že bylo nastaveno předpětí na svařovacím přípravku. Důležitou operací před obráběním je proto rovnání svařence na hydraulickém lise nebo plamenem autogenu. Úkolem obrábění je mimo jiné dosáhnout potřebných rovin vůči sobě (viz obr. 5.11).



*Obr.5.11 Upnutý příčník na pomocných kostkách*

Výhodou obráběcího centra oproti vodorovné vyvrtávačce WHN 13 CNC je pět stupňů volnosti frézovací hlavy. Z toho důvodu celé obrábění probíhá na jedno upnutí svařence. Ustavení má jednodušší podmínky než předchozí stroj, protože je zde použita sonda, která odpočítá hodnoty na obrobku a zanesení je do počítače obráběcího centra.

Otočnou hlavou najet k obrobku a vřetenem ustavit do horizontální polohy v ose „X“. Nejprve obrábět základovou plochu příčníku, vyměnit nástroj ze zásobníku, pomocí frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu obrábět sousledným frézováním vnitřní obvod čtyřhranného otvoru 270H10 x 390H10, vyměnit nástroj ze zásobníku, převrtat vrtací tyčí otvory pr. 25 mm a pr. 39 mm, po výměně nástroje otvory vystružit. Následuje opět výměna nástroje, vrtání a řezání závitu 4 x M8.

Následně otočnou hlavu přemístit na boční stranu příčníku, hlavu otočit opět do horizontální polohy, tentokrát v ose „Y“, obrábět frézou postupně příčník na

potřebnou šířku  $2805 \pm 0,5$  mm. Horní žebra frézovat pod úhlem  $8,2^\circ$  pomocí natočené hlavy. Tentokrát je vřetenem nastaveno pod úhlem.



*Obr.5.12 Obrobené talíře a dutiny.*

Vyměnit nástroj a obrábět ve vertikálním směru postupně oba kotouče. Následuje obrábění dutin v kotoučích (viz obr. 5.12). Nejprve pr. 85H8 do hloubky 67,5 mm včetně ustavení zátky bránící vpadání třísek do dutiny tlakové nádoby. Následně frézou s břitovými destičkami ve tvaru R1,5 obrobit výběhy kotoučů. Stejným nástrojem obrobit i pr. 75 mm do hloubky 72,5 mm. Navrtat, vrtat otvory a řezat závity G1/8“.

Zátka je nutné použít, protože zabrání vpadání třísek a chladicí kapaliny do dutiny příčnicku.

Otočná hlava s vřetenem najede na zadní stranu příčnicku a vřetenem natočí do horizontální polohy podle programu. Válcovou frézou se šikmými zuby ve šroubovici - „ježkovou frézou“ obrábět žebra na zadní straně v dolní a poté v horní části svařence.

Tím je ukončen obráběcí program. Vzhledem k tomu, že obrobek je svařenec, poslední důležitá obráběná místa se musejí provést ručním najetím. Jde o úkos, který musí být vyhotoven pro svar. V těchto místech musí být svar provařen, tudíž zbylá ploška v celé délce nesmí být širší, než 3 mm.

Veškeré nastavení si obráběcí centrum nastavuje programem pomocí sondy (viz obr. 5.13), která vysílá signály do přijímacího zařízení stroje.



*Obr.5.13 Sonda jako vysílač.*



Nástroje jsou uloženy v zásobníku s kapacitou 40 míst. Každý nástroj je uložen pod určitým číslem a pomocí programu je vyvolán.



*Obr.5.14 Fréza pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu a ponorné frézování.*

Obráběcí centrum má schopnost použití dvojího volby chlazení při obrábění. První varianta je vysokotlaké chlazení. Pro obrábění s vysokotlakým vnitřním chlazením jsou používány speciální nástroje s dutinou (viz obr. 5.14). Dutina prochází celým nástrojem a otvory ústí kolem břitů nástroje. Vysoký tlak způsobuje silný proud kapaliny, která kromě chlazení také vyplavuje nečistoty z místa obrábění.

Druhou variantou je vnější chlazení, kdy chladicí kapalina proudí z trysky ustavené vedle nástroje .

Po obrobení je nutno odsát chladicí kapalinu z dutin. Provádí se tak pneumatickým odsávačem (viz obr. 5.15). Současně s kapalinou jsou odstraněny i třísky z obrábění.



*Obr.5.15 Odsávání chladicí kapaliny z dutin.*

Požadavky na chladicí kapalinu určuje výrobce stroje. V BTCZ se chladicí kapalina - emulze - používá pro oba stroje vodorovnou vyvrtávačku WHN 13 a obráběcí centrum FRFQ 300 stejná i ve stejném poměru z důvodu jednoduchosti.

Chladicí kapalina je dodávána v sudech o 200 kg. Na sudu je nasazen směšovač, který přesně smísí koncentrát s vodou při doplňování chladicí kapaliny do nádrže stroje .

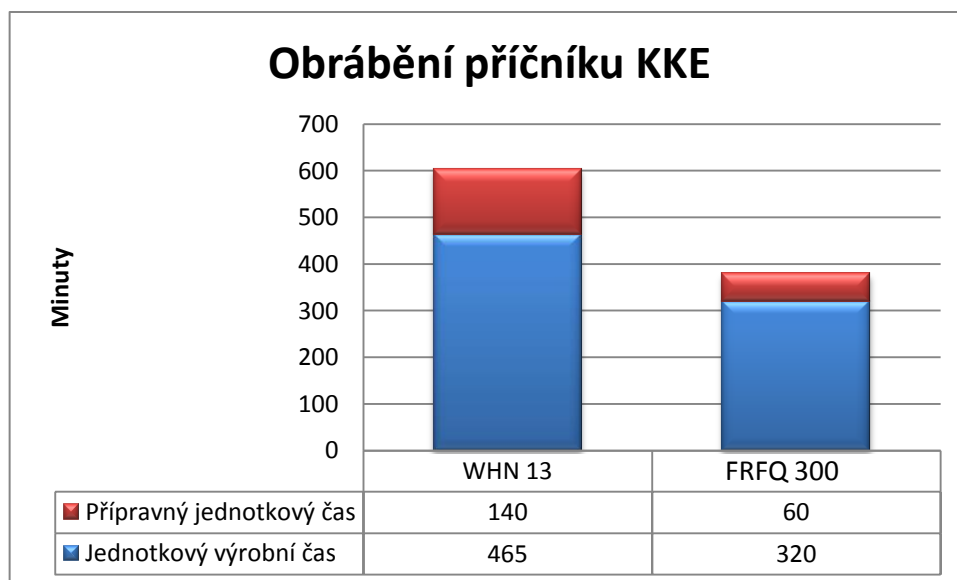
Po obrobení jsou odstraněny obráběcí zátky a obrobek je vybaven jednorázovými plastovými zátkami. Po odstranění zbývajících špon je obrobek odepnout od kostek a jeřábem přenesen na odkládací místo.

#### 5.4. Porovnání přípravných a výrobních časů na strojích WHN 13 a FRFQ 300

Na grafu (viz obr. 5.16) jsou znázorněny přípravné a výrobní časy obráběného příčnicku. Modré hodnoty určují jednotkový výrobní čas. Červené hodnoty ukazují přípravný jednotkový čas. V levé části grafu jsou znázorněny hodnoty pro stroj WHN 13, v pravé části grafu jsou uvedeny hodnoty pro stroj FRFQ 300. Všechny hodnoty jsou skutečné.

Skutečný přípravný jednotkový čas pro stroj WHN 13 je 140 min, skutečný přípravný jednotkový čas pro obráběcí centrum FRFQ 300 je 60 min.

Skutečný jednotkový výrobní čas pro stroj WHN 13 je 465 min, skutečný jednotkový výrobní čas pro obráběcí centrum FRFQ 300 je 320 min.



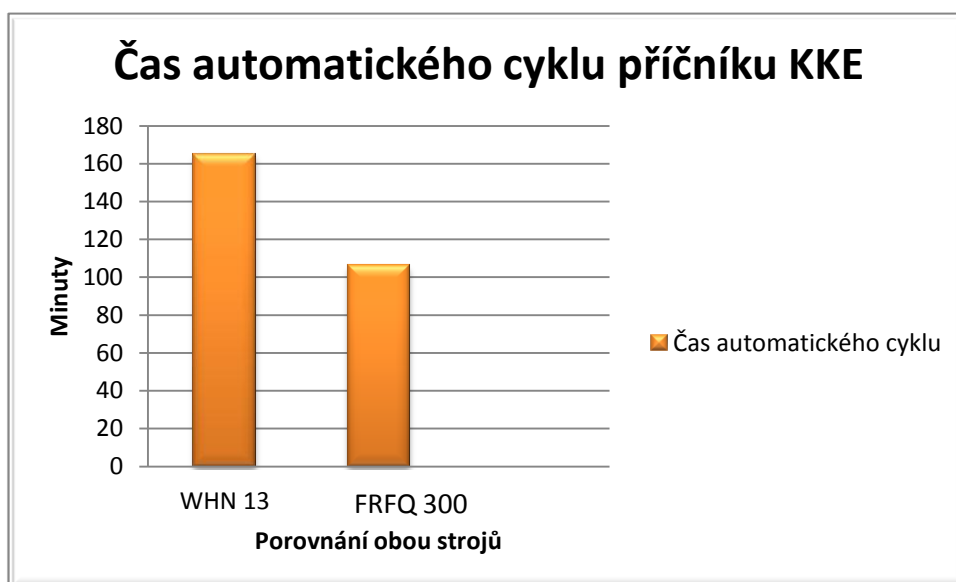
Obr.5.16 Grafické porovnání přípravných a výrobních časů na obou strojích.

Přípravný čas pro stroj WHN 13 CNC je vyšší z důvodu zvýšené manipulace. U tohoto stroje je nutné používat přípravky, protože stůl není dostatečně velký. Obrábíme-li svařenec z několika stran jako v našem případě, potom je nutné přepínání přípravku. V kap. 5.2. je uveden popis výroby. Příčník je upnut do jednoho z přípravků, manipulace na stroj, po obrobení dostupných částí manipulace ze stroje. Následuje otočení přípravku, manipulace na stroj, po obrobení možných částí manipulace ze stroje. Poté přepnutí z jednoho přípravku do druhého přípravku, manipulace na stroj a konečně po obrobení manipulace ze stroje. Při každé manipulaci je používán jeřáb. Na dílně je pouze jeden jeřáb, proto může nastat prostoj z důvodu na jeho čekání.

Proti tomu na obráběcí centrum a z obráběcího centra FRFQ 300 je příčník dopraven jednou, ustaven a upnut. Naklápací hlava příčník postupně obrábí ze všech stran.

Výrobní časy jsou zde také menší, protože obráběcí centrum je schopno vyvinout až 4000 ot/min., WHN 13 CNC má možnost maximálních 900 ot/min.

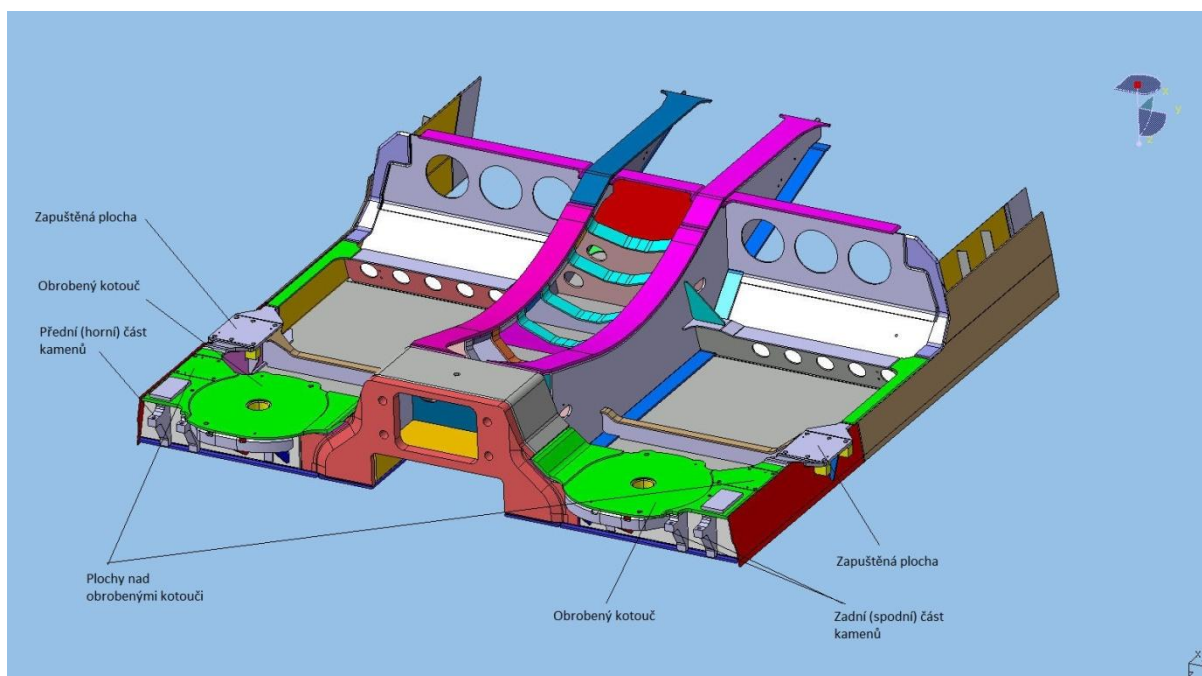
Na grafickém znázornění (viz obr. 5.17) je možné vidět čas automatického cyklu na různých strojích. Čas automatického cyklu je posuv a rychloposuv stroje. Na stroji WHN 13 je zde hodnota 165,21 min času automatického, na stroji FRFQ 300 je již čas posuvu a rychloposuvu 106,30 min. Celkové hodnoty časů se liší ve prospěch obráběcího centra.



*Obr.5.17 Grafické porovnání času automatického cyklu obou strojů.*

## 6. Popis svařované podskupiny „představek KKE“

Představek (viz obr. 6.1), jehož hlavní podskupina je příčník je před zavařením do spodku vozu obroben. Obrábí se dosedací plochy včetně zbývajících otvorů, zahloubení a závitů.



Obr.6.1 Vyznačené obráběné plochy představku [13].

### 6.1. Konstrukční provedení a požadavky na jakost

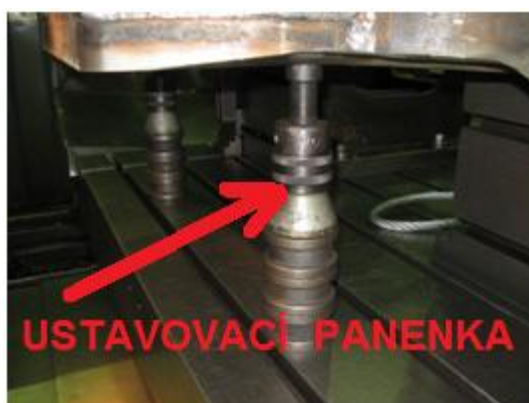
V představku se na čisto obrábí všechny dosedací plochy. Např. předepsaná rovinnost na obrobený kotouč je podle výkresu 0,8 mm a rovnoběžnost 2 mm na pr. 580 mm. Na zapuštěné plochy je rovinnost 0,4 mm na délku 235 mm a rovnoběžnost 1mm/1m s obrobeným kotoučem (viz. příloha 7). Největší požadavky jsou kladeny na rozteče otvorů v rozmezí  $\pm 0,5\text{mm}$  a jejich drsnosti  $Ra=3,2\text{ }\mu\text{m}$  (viz příloha 4, 5, 6, 7).

### 6.2. Popis pracovního postupu při obrábění představku na stroji WHN 13

Představek je dopraven do obrobny na vysoko zdvižném vozíku v horizontální poloze. Ke stolu vodorovné vyvrtávačky jsou ustaveny a upnuty dva úhelníky. Představek je provlečen ocelovými lany a jeřábem postaven do vertikální polohy. Ve vertikální poloze je upnut k úhelníkům otočného pracovního stolu WHN 13 tak, aby kotouče byly ustaveny proti vřetenu. V přední části je podložen panenkami (viz obr. 6.3). Následně upnout upínkami na čtyřech místech (viz obr. 6.2).



*Obr.6.2 Představek upnutý k úhelníkům pomocí upínek.*



*Obr.6.3 Podložení představku při obrábění.*

Proces obrábění představku začíná obráběním dvou plochých kotoučů (viz obr. 6.4). Obrábění je prováděno frézou s výměnnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů, proto není nutné používat chladicí kapalinu. Obrábění kotoučů provádět ve dvou přísuvech, aby nedošlo k podfrézování plochy. V prvním přísuvu odebírat cca 1,5 mm, v druhém přísuvu obrábět cca 1 mm. Po prvním obrábění lze nalézt ještě neobrobená místa. Mezi obráběním měřit tloušťku stěny. Stěna nesmí být podfrézovaná. Po celou dobu obrábění mají otvory vzduchových nádob nasazenou jednorázovou plastovou zátku. Zátka tak brání vniknutí třísek a emulze do dutin.



*Obr.6.4 Obrábění kotouče.*



Vyměnit nástroj za frézu s oblými výměnnými břitovými destičkami. Obrábět výběhový rádius kolem kotoučů. Stejnou frézou dále obrobit čtyři kameny na spodní části představku. Provádí se ručním najetím, protože je zde špatný přístup nástroje.

Vyměnit nástroj a obrábět plochy nad obrobenými kotouči. Obrábění provádět na více přísuvů a měřit plochy, aby nedošlo k jejich podfrézování. Na obrobené ploše navrtat otvory středícím vrtákem, postupně vrtat, zahloubit, řezat závity. Otvory provádět s použitím řezné chladicí kapaliny. Vrtáky z rychlořezné oceli musí být v takových podmínkách chlazeny. Obrobené otvory zátkovat jednorázovými plastovými zátkami. V následných operacích jsou tak chráněny závity a přesné otvory před abrazivem v tryskači nebo před barvou v lakovně.

Obrábět zapuštěné plochy. Obrábění provádět s dvojitým přísuvem bez použití řezné chladicí kapaliny. Do zapuštěných ploch navrtat otvory středícím vrtákem, vrtat 6 x otvor pr. 14 mm na každé z obou ploch, zahloubit na pr. 20 mm do hloubky 15 mm všechny otvory, řezat závity M16. Zhotovené závity nutno ucpat zátkou. Při vrtání otvorů nebo řezání závitů použít chladicí řeznou kapalinu (viz obr. 6.5), protože používané nástroje nemají VBD.



*Obr.6.5 Vrtání otvorů včetně chlazení*

Na kamenech vrtat otvory. Spodní část kamenů obrábět „ježkovou frézou“.

Stůl s obrobkem otočit o 90°, válcovou frézou obrábět zadní část kamenů na jedné straně, poté otočit stůl o 180° a obrábět zadní část kamenů na druhé straně.

Konstrukčně ponechat na zadní straně kamenů rádius. Proto je vhodné použití válcové frézy.

Obsluha stroje musí neustále odklízet třísky kolem stroje z bezpečnostních a z kvalitativních důvodů. Kolem upnutého představku musí být umístěny z bezpečnostních důvodů kryty. Kryty zachycují odlétající třísky (viz obr. 6.6).

Po dokončení obrábění, odstranit zbylé třísky a řeznou kapalinu z obrobku a odstranit třísky kolem stroje. Dále zavěsit představek na jeřáb. Uvolnit upínky, které drží představek k úhelníku. Jeřábem přenést představek na určené místo, položit jej do horizontální polohy. Na této vyšší podskupině obsluha stroje kus přeměří a naměřené hodnoty uvede do měřicího listu představku. Měřicí list je dále vkládán mezi ostatní dokumentaci celého hotového vozu. Je tak možnost zpětného nahlédnutí.

Obrábění na stroji WHN 13 není výhodné z důvodů bezpečnosti při manipulaci. Celý představek má hmotnost 1 067,33 kg. Na stroji WHN 13 nejsou součástí vybavení ochranné kryty proti odlétávajícím třískám. Je zde ruční výměna nástrojů a ruční měření.



*Obr.6.6 Představek s bezpečnostními kryty.*

### **6.3. Pracovní postup obrábění představku na FRFQ 300**

Představek je ve vodorovné poloze dopraven pomocí ocelových lan zavěšených na jeřábu na kostky obráběcího centra. Ustavení celého představku probíhá v horizontální poloze tzn., že bezpečnost manipulace v této poloze je dobrá. Představek je ustaven jeřábem na dorazy a poté spuštěn na panenky (viz obr. 6.7).



*Obr.6.7 Představek je položen na panenky.*

Obrobek má opěrné ustavovací body. Pomocí těchto pohyblivých bodů je představek vyrovnán do potřebné roviny a upnut upínkami. V průběhu celého obrábění je nutné dodržovat tloušťky stěn, aby nedošlo k podfrézování materiálu.



*Obr.6.8 Najíždění důležitých bodů sondou*

Velkou výhodou obráběcího centra je právě sonda (viz obr. 6.8). Sondou je možné přeměřit celý představek a jeho body zanést do počítače obráběcího centra. Důležité je vycházet od již obrobené strany se čtyřhranným otvorem. Musí být dodržena kolmost celého představku.

Stroj má ve větším množství pracovního času vřeteno ve vertikální poloze. Vřeteno je v ose „Z“ 1 500 mm, délka stolu „X“ 9 000 mm je v ose „X“, šířka stolu 3 800 mm je v ose „Y“.

Po ustavení, upnutí obrobku a přeměření obrobku sondou je možné spustit obráběcí program.

Frézování probíhá obdobně jako na stroji WHN 13, takže obrábění obou kotoučů (viz obr. 6.9) na konstrukčně předepsanou tloušťku. Obrábění provádět na dva přísuvy a dbát na to, aby obráběná deska nebyla podfrézovaná. Při prvním frézování odebírat zhruba 1,5 mm materiálu. Při druhém frézování odebírat zbylý materiál. K tomuto úkonu není nutné použití chladicí kapaliny, protože nástroj má výměnné břitové destičky ze slinutých karbidů.



*Obr.6.9 Obrobené kotouče na představku.*

Následuje výměna nástroje za frézu s oblými břitovými destičkami. Obrábí se radiusy výběhů ploch a plochy na všech čtyřech kamenech (viz obr. 6.10).





*Obr.6.10 Obrábění čtyř kamenů.*

Po výměně nástroje se obrábí plochy vedle kotoučů na dva přísuvy z důvodu zamezení podfrézování.

Postupně se v obrobené ploše navrtají , předvrtají, vrtají otvory 12 x pr. 14 mm pro závit M16, zahloubení pro 12 otvorů pr. 14 mm na pr. 20 mm do hloubky 15 mm, řezání závitů 12 x M16. Na otvory se nasunou jednorázové plastové ochranné zátky. Zátky chrání závity a tolerované otvory před poškozením. Při obrábění otvorů je používána řezná chladicí kapalina.

Dále frézovat zapuštěné plochy na dva přísuvy. Opět nesmí dojít k podfrézování desky. Na frézování ploch není nutné použití řezné chladicí kapaliny.

Následuje výměna nástroje ze zásobníku podle programu, otočení vřetena do horizontální polohy a frézování spodní strany kamenů. Po výměně nástroje se obrábí válcovou frézou s radiusem zadní část kamenů v horizontální poloze. V horizontální poloze vřetene provádí pouze dva úkony.



*Obr.6.11 Obráběcí centrum při obrábění je kompletně uzavřeno.*



*Obr.6.12 Rozměrný představek.*

Po celou dobu obrábění je z bezpečnostních důvodů celý prostor stroje uzavřen (viz obr. 6.11 a viz obr. 6.12). Z přední i zadní strany obráběcího centra jsou zavěšeny gumové průsvitné pásy jako ochrany proti odlétávajícím třískám. Obsluha stroje se pohybuje jenom v pevné pracovní plošině. Přístup z plošiny k obrobku je při obrábění uzavřen dveřmi, Plošina je dále zabezpečena zábradlím po celém obvodu.

Obráběcí centrum je vybaveno pohyblivými dopravníky po obou stranách stolu (viz obr. 6.13). Těmito dopravníky jsou odváděny třísky do speciálních nádob (viz obr. 6.14), které jsou po naplnění třisek zase vyprázdněny.



*Obr.6.13 Pohyblivé dopravníky třísek po obou stranách stolu.*



*Obr.6.14 Třísky jsou odváděny do odpadních nádob.*

Po skončení posledního úkonu se odstraní chladicí kapalina z nedostupných míst odsávacím zařízením napojeným na tlak vzduchu a obrobený představek se očistí od třísek a od chladicí kapaliny před odepnutím od stolu obráběcího centra. Pomocí jeřábu a ocelových lan podle manipulačního předpisu je obrobek přemístěn v horizontální poloze na určené místo. Představek je odmaštěn a převezen na svařovnu, kde je již vkládán do svařovacího přípravku kompletace spodku vozu.

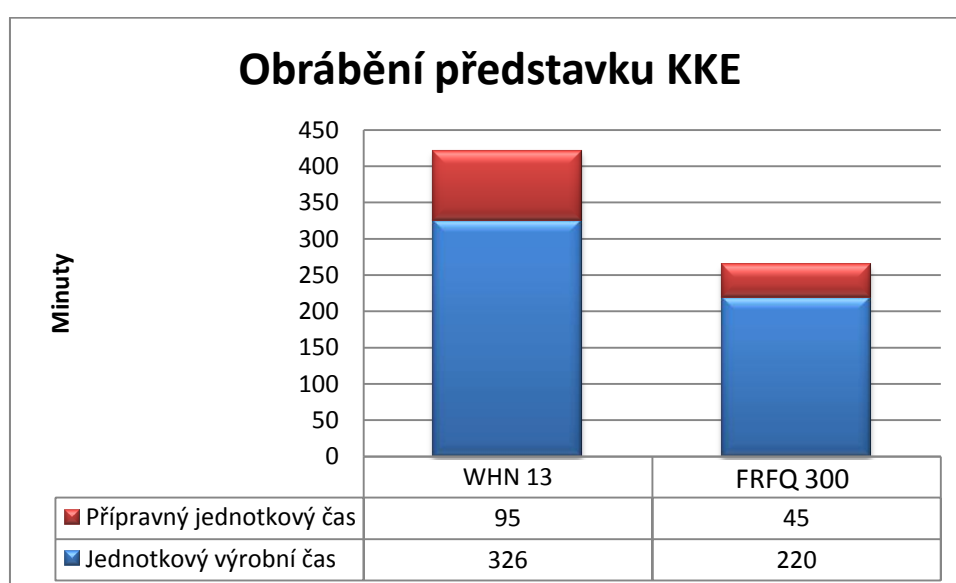
Obrábění svařenců je obtížnější, než obrábění odlitků nebo jiných polotovarů. Hrají zde roli některé faktory:

- ve svařovacím přípravku musí být správně založeny vstupující díly a podskupiny (musí být zachován centrální podélná osa svařence stejně jako při obrábění)
- po svaření musí být svařenec upnut v přípravku až do vychladnutí. I v takovém případě se stane, že svařenec změní vlivem tepla svůj tvar.
- vzniklé deformace je nutné vyrovnat, aby byla zachována symetričnost svařence a rovinnost dosedacích ploch v obráběcím přípravku

#### 6.4. Porovnání přípravných a výrobních časů na strojích WHN 13 a FRFQ 300

Na grafu (viz obr. 6.15) je zřetelně vidět porovnání obou strojů. Modrá barva jednotkový výrobní čas, červená barva značí přípravný jednotkový čas. Do levé části grafu jsou zaneseny skutečné hodnoty pro stroj WHN 13, do pravé části grafu jsou zaneseny skutečné hodnoty pro stroj FRFQ 300. Je zde znázorněn úbytek výrobního i přípravného času na stroji FRFQ 300.

Skutečný jednotkový výrobní čas vodorovné vyvrtávačky WHN 13 CNC je 326 min, skutečný jednotkový výrobní čas obráběcího centra FRFQ 300 je 220 min.



Obr.6.15 Grafické porovnání přípravných a výrobních časů na obou strojích.

Kromě úspory výrobního času je zde zvýšena bezpečnost při manipulaci jeřábem a bezpečnost práce při ustavení představku na úhelníky (viz obr. 6.16).



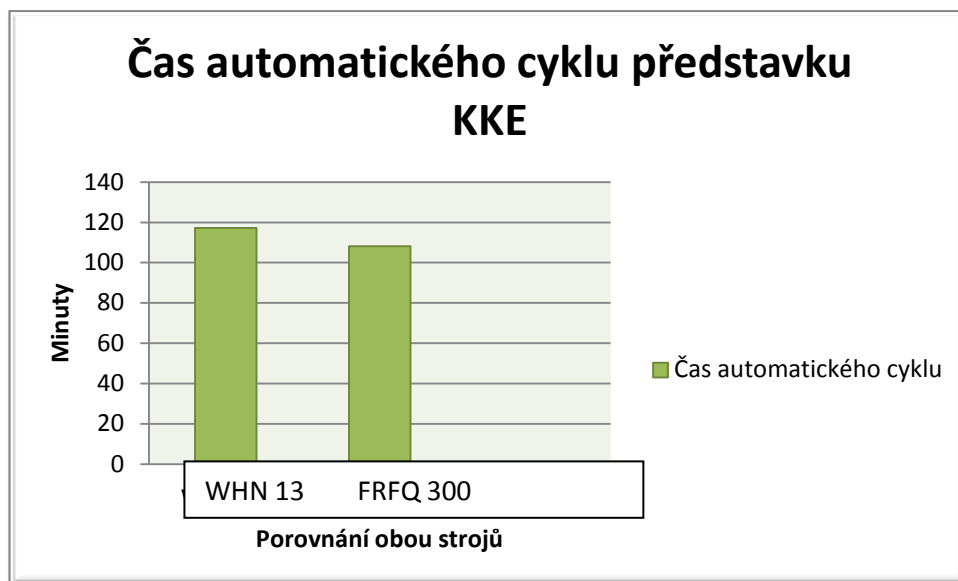
*Obr.6.16 Ustavovací úhelníky na stroji WHN 13.*

Na stroj WHN 13 musí být představek položen ve vertikální poloze. To znamená pomocí jeřábu a ocelových lan předsatvek přemístit z horizontální polohy do vertikální polohy. V této poloze dopravit na stroj a upnout. Připomínám, že představek má hmotnost 1.067,33 kg a délkové rozměry jsou 2965 mm x 2890 mm x 630 mm. Po obrobení stejným způsobem dopravit představek ze stroje a spustit zpět do horizontální polohy. Při práci na obráběcím centru FRFQ 300 veškerý pohyb i práce na představku probíhá v horizontální poloze.

Úspora času, kterou lze na obráběcím centru pozorovat je právě měření po obrobení. Vzhledem k číslicovému řízení stroje nemusí obsluha znovu měřit obrobek, požadované hodnoty je možné přečíst přímo na stroji.

Další výhodou obráběcího centra FRFQ 300 je možnost kompletního zakrytí stroje při samotném obrábění. Odlétávající třísky od nástroje jsou tak zachycovány zástěnami a neohrožují okolní pracoviště. Vodorovná vyvrtávačka WHN 13 není takovými zástěnami vybavena.

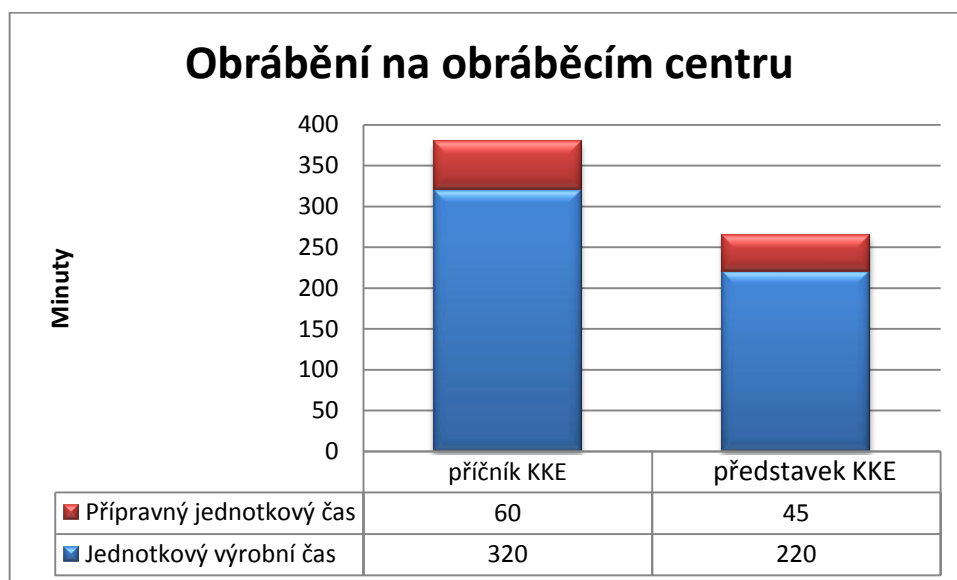
V grafu (viz obr. 6.17) je znázorněn čas automatického cyklu, což je čas posuvu a rychloposuvu. Na stroji WHN 13 je čas automatického cyklu 117,2 min, na stroji FRFQ 300 je čas automatického cyklu 108,17 min. Zde je jednoznačné znázornění snížení času. V tuto chvíli jsou ještě na některé úkony na obráběcím centru používány celistvé nástroje z rychlořezné oceli, ale v řešení jsou nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Tyto nástroje svou žárupevností a odolností proti opotřebení mohou zvýšit otáčky a tím i posuvovou rychlost. Celým procesem tak bude ještě více snížen čas automatického cyklu.



*Obr.6.17 Grafické porovnání času automatického cyklu obou strojů.*

## 7. Zvýšení produktivity práce operátora ( pracovníka )

V současné době je obráběcí centrum využité téměř na 100% časového fondu. Obsluha stroje ustaví obrobek, upne jej, přeměří sondou a spustí stroj. Po celou dobu výrobního času kontroluje práci stroje jak lze vidět na (viz obr. 7.1).



*Obr.7.1 Grafické znázornění přípravného jednotkového a výrobního času v současné době.*

Na grafickém znázornění jsou vyznačené modré hodnoty jednotkového výrobního času pro oba výrobky a červené hodnoty pro přípravného jednotkového času pro oba výrobky.

Jednou z možností jak zvýšit produktivitu práce pracovníka je v našem případě při použití obráběcího centra myšlenka upínat dva obrobky na děleném pracovním stole stroje.

Obsluha stroje ustaví jeden obrobek na jedné straně stolu na obráběcí kostky, upne, přeměří sondou a spustí stroj. Po spuštění stroje pomocí jeřábu ustaví na druhé straně stolu na obráběcí kostky jiný obrobek. Zatím co stroj obrábí první obrobek, obsluha stroje ustaví druhý obrobek. Tím odpadá většina přípravného jednotkového času na každý obrobek.

Nelze bohužel odstranit celý přípravný jednotkový čas, protože měření výrobku nelze vynechat. Správným řešením by však mělo být nezávislé měření výrobku, které se provádí jinak, než na obráběcím stroji. Důvodem tohoto měření je kontrola obráběcího stroje.



## 8. Porovnání produktivity vybraného procesu obrábění – případová studie

Abychom mohli prověřit výhody obráběcího centra, zaměříme se v této kapitole na skutečné a teoretické porovnání vodorovné vyvrtávačky WHN 13 a obráběcího centra FRFQ 300.

### 8.1.Soustava SNOP

K technologii obrábění se váží čtyři důležité symboly nazývané SNOP.

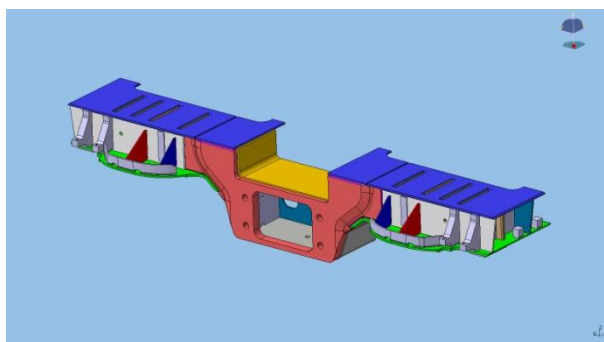
Obráběcí stroj (S) je místo celého procesu, kde dochází při upnutí materiálu k úběru třísky.

Obráběcí nástroj (N) je aktivním prvkem v soustavě obrábění. Obrábění je vnikání břitu nástroje do obrobku a oddělování jej od třísky. Břit je řezná část nástroje, který je ohraničený čelem a hřbetem. Upínací část nástroje se nazývá stopka.

Obrobek (O) je charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. Obráběná plocha je část povrchu obrobku odstraňovaná obráběním. Obrobená plocha je plocha na obrobku vzniklá působením řezného nástroje. Přechodová plocha je okamžitá plocha obrobku vytvářená při obrábění působením ostří řezného nástroje během otáčky nebo zdvihu.

Přípravek (P) slouží k upnutí obrobku do obráběcího stroje. Používá se při hromadné nebo sériové výrobě u takových strojů, kde není možné obrábět na jedno upnutí.

Jak popisuje kap. 2, SNOP je technologie obrábění, která se zabývá studii konkrétního úkonu při samotném oddělování třísky od obrobku. V našem případě se zaměříme na obrábění příčnicku a to konkrétně obvodu hranatého otvoru (viz obr. 8.1).



Obr.8.1 Zobrazení svařence.

#### Požadavky na obráběný díl

Požadavky na obrobek jsou uvedeny na výkresech nebo v normách. Rozměr otvoru je 270H10 x 390H10. Rozměrová tolerance je uvedena přímo u rozměru H10 ( $270 + 0,21$  0 a  $390 + 0,23$  0). Podle normy ISO 2768 - 2 platí dodržení rovinnosti 0,4 mm a kolmosti 0,4 mm. Drsnost povrchu je uvedena pro frézování  $Ra=12,5 \mu m$  (viz příloha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

## 8.2. Porovnání skutečných řezných podmínek na obou strojích

Na stroji WHN 13 je tento otvor obráběn hrubovací válcovou frézou, se zuby ve šroubovici pr. 63 mm „ježkovou frézou“.

Na stroji FRFQ 300 se tento otvor obrábí univerzální frézou pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu Coromill 210 pr. 36 mm, hloubka třísky 1mm. V tomto případě je na místě tento nástroj pro využití výkonu stroje. Podle technických parametrů stroje je maximální počet otáček 4000 ot/min.

Otvor má tloušťku materiálu 35 mm.

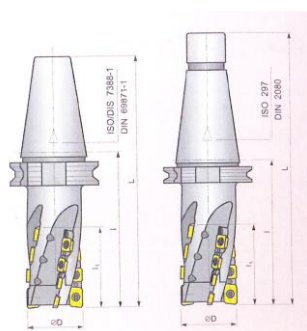
*Tabulka 8.1 Skutečné obráběcí časy podle obráběcích programů na obou různých strojích.*

STROJ	NÁSTROJ	OTÁČKY	POSUVOVÁ RYCHLOST [mm/min]	ČISTÝ ČAS [min]	ČAS S NAJETÍM [min]
WHN 13	ježková fréza	450	240/1000mm 30/251mm	13	14
FRFQ 300	fréza pro vysoké otáčky	2470	5000	9	10,5

V tabulce (viz tabulka 8.1) jsou znázorněny skutečné časy podle obráběcího programu. Nyní můžeme spatřit využití vysokých otáček na obráběcím centru. S nástroji určenými pro vysoké otáčky lze na každém úseku operace dosáhnout částečné úspory. V celkové operaci potom úspora naroste do požadovaných hodnot.

## 8.3. Porovnání teoretických řezných podmínek na obou strojích

Výpočet pro WHN 13 a hrubovací válcovou frézu se zuby ve šroubovici dále „ježkovou frézou“ pr. 63 mm (viz obr. 8.1) provedeme podle níže uvedených vzorců.



*Obr.8.1 Ježková réza [10].*

Obvod otvoru je vypočítán podle vzorce (zdroj:vlastní) (8.1)

$$O = (a + c - 4R) * 2 + 2\pi R = (270 + 390 - 4 * 40) * 2 + 2\pi * 40 = 1251 \text{ [mm]} \quad (8.1)$$



kde rozměrové údaje na výkrese (viz příloha 7):

- a šířka otvoru 270 [mm],
- c délka otvoru 390 [mm],
- O obvod otvoru [mm],
- R radius v rohu 40 [mm].

Rovné plochy obvodu (zdroj: vlastní) (8.2)

$$O_1 = (a + c - 4R) * 2 = 1000 \text{ [mm]} \quad (8.2)$$

kde (viz příloha 7):

- a šířka otvoru 270 [mm],
- c délka otvoru 390 [mm],
- O<sub>1</sub> rovné plochy obvodu [mm],
- R radius v rohu 40 [mm].

Rohové plochy obvodu (zdroj: vlastní) (8.3)

$$O_2 = 2\pi R = 2\pi * 40 = 251 \text{ [mm]} \quad (8.3)$$

kde (viz příloha 7):

- O<sub>2</sub> rohové plochy obvodu [mm],
- R radius v rohu 40 [mm].

Výpočet otáček [3] (8.4)

$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \Rightarrow n = \frac{v_c * 1000}{\pi * D} = \frac{135 * 1000}{\pi * 63} = 682 \text{ [ot/min]} \quad (8.4)$$

Pro ocel, která je pro výrobu použita (S355J2N+C s pevností 470-630MPa) a pro SK (viz příloha 8):

- v<sub>c</sub> řezná rychlost 135 [m/min],
- f<sub>z</sub> posuv na zub 0,1-0,25mm, volím posuv na zub f<sub>z</sub>=0,25mm,
- D průměr frézy 63 [mm],
- n otáčky [ot/min].

Posuvová rychlost na rovných plochách [3] (8.5)

$$v_f = f_z * n * z = 0,25 * 682 * 2 = 341 \text{ [mm/min]} \quad (8.5)$$

kde (viz příloha 8):

- f<sub>z</sub> posuv na zub 0,1-0,25mm, volím posuv na zub f<sub>z</sub>=0,25mm,
- v<sub>f</sub> posuvová rychlost [mm/min],
- n otáčky 682 [ot/min],
- z počet ubíracích zubů 2 [ks].

Dráha frézy rovných ploch při dvou přísuvech [3] (8.6)

$$L_1 = 2 * O_1 + l_n + l_p + l_{nf} = 2 * 1000 + 10 + 10 + 12 = 2032 \text{ [mm]} \quad (8.6)$$

kde:

L<sub>1</sub> dráha frézy rovné plochy při dvou přísuvech,

O<sub>1</sub> rovné plochy obvodu 1000 [mm] (viz vztah 8.2),

l<sub>n</sub> najetí nástrojem k materiálu 10 [mm] (vlastní zdroj) ,

l<sub>p</sub> přejetí nástrojem přes materiál 10 [mm] (vlastní zdroj) ,

l<sub>nf</sub> vzdálenost mezi prvním úběrem materiálu a středem nástroje 12 [mm] (viz vztah 8.8).

Dráha frézy rohových ploch při dvou přísuvech (zdroj: vlastní) (8.7)

$$L_2 = O_2 * 2 = 251 * 2 = 502 \text{ [mm]} \quad (8.7)$$

kde:

L<sub>2</sub> dráha frézy rohové plochy při dvou přísuvech [mm],

O<sub>2</sub> rohové plochy obvodu 251 [mm] (viz vztah 8.3).

Vzdálenost mezi prvním úběrem materiálu a středem nástroje [3] (8.8)

$$l_{nf} = \sqrt{H(D - H)} = \sqrt{2,5(63 - 2,5)} = 12 \text{ [mm]} \quad (8.8)$$

kde:

H hloubka řezu 2,5 [mm] (viz příloha 16,18),

D průměr frézy 63 [mm] (viz kap. 8.2),

l<sub>nf</sub> vzdálenost mezi prvním úběrem materiálu a středem nástroje [mm].

Posuvová rychlost v rozích [3] (8.9)

$$v_{fr} = k * v_f = 0,44 * 341 = 150 \text{ [mm/min]} \quad (8.9)$$

kde:

k korekční součinitel pro posuv v rozích (viz příloha 21) 0,44 [mm],

v<sub>f</sub> posuvová rychlost 341 [mm/min] (viz vztah 8.5),

v<sub>fr</sub> posuvová rychlost v rozích [mm/min].

Výpočet času rovných ploch [3] (8.10)

$$t_{as1} = \frac{L_1}{v_f} = \frac{2032}{341} = 5,95 \quad [\text{min}] \quad (8.10)$$

kde:

$L_1$  dráha frézy rovné plochy při dvou přísuvech 2032 [mm] (viz vztah 8.6),

$t_{as1}$  jednotkový čas rovných ploch obvodu [min],

$v_f$  posuvová rychlost 341 [mm/min] (viz vztah 8.5).

Výpočet času v rozích [3] (8.11)

$$t_{as2} = \frac{L_2}{v_{fr}} = \frac{502}{150} = 3,34 \quad [\text{min}] \quad (8.11)$$

kde:

$L_2$  dráha frézy rohové plochy při dvou přísuvech 502 [mm] (viz vztah 8.7),

$t_{as2}$  jednotkový čas rohových ploch obvodu [min],

$v_{fr}$  posuvová rychlost v rozích 150 [mm/min] (viz vztah 8.9).

Celkový čas (zdroj vlastní) (8.12)

$$t_{as} = t_{as1} + t_{as2} = 5,95 + 3,34 = 9,29 \quad [\text{min}] \quad (8.12)$$

kde:

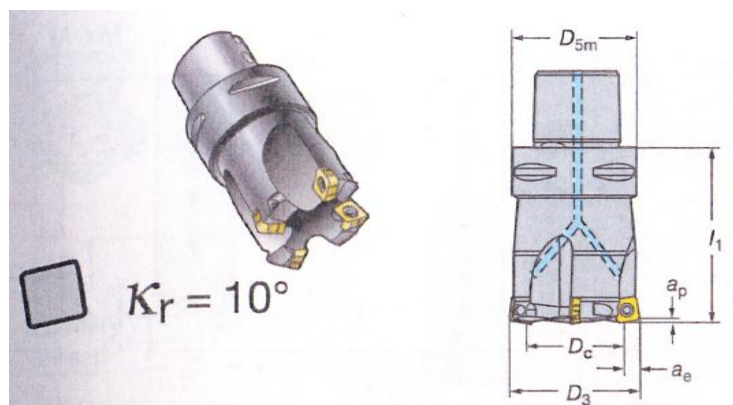
$t_{as1}$  jednotkový čas rovných ploch obvodu 5,95 [min] (viz vztah 8.10),

$t_{as2}$  jednotkový čas rohových ploch obvodu 3,34 [min] (viz vztah 8.11),

$t_{as}$  celkový jednotkový čas.

Teoreticky platí, že čas obrobění ježkovou frézou je 9,29 min na stroji WHN 13.

Výpočet pro FRFQ 300 a frézu pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu pr. 36 mm (viz obr. 8.2) provedeme podle níže uvedených vzorců.



Obr.8.2 Fréza s vysokým posuvem a s vyznačeným úhlem nastavení VBD [11].

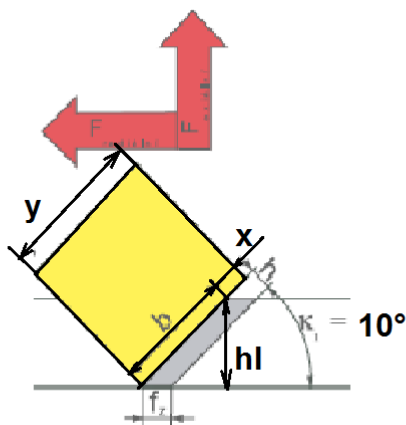
Pro ocel, která je pro výrobu použita platí v souvislosti s použitými VBD z katalogu Sandvik 2011 (viz příloha 20) hodnota  $v_c=205-305$  m/min. Volím střední hodnotu 250 m/min.

K řezné rychlosti v témže katalogu je uveden posuv na zub  $f_z=0,1-0,3$  mm. Volím 0,25 mm.

Plátek je naklopen pod úhlem nastavení  $\kappa = 10^\circ$ .

Podle vzorce průřezu třísky platí [13] (8.13)

$$h = f_z \cdot \sin \kappa_r \quad [\text{mm}] \quad (8.13)$$



Obr.8.3 Průřez třísky naklopené destičky [13].

Čtvercový rozměr břitové destičky je podle katalogu Sandvik  $y = 9,4$  [mm]. (viz příloha 19)

kde:

$h$  tloušťka třísky [mm],  
 $f_z$  posuv na zub [mm].

U kolmých plátků počítáme  $h$  (tloušťku třísky) jako posuv na zub.  
U sklopených plátků platí vzorec [13] (8.14)

$$h = f_z * \sin \kappa_r \Rightarrow f_z \text{ [mm]} \quad (8.14)$$

$$f_z = \frac{h}{\sin \kappa} = \frac{0,25}{\sin 10^\circ} = 1,43 \text{ [mm]}$$

kde:

$h$  posuv na zub volím 0,25 [mm] (viz příloha 20),  
 $\kappa$  naklopení VBD  $10^\circ$  (viz obr. 8.2),  
 $f_z$  posuv na zub šikmé destičky.

Pro výpočet průřezu třísky potřebujeme znát hodnotu, která je třetí stranou pravoúhlého trojúhelníka „x“ podle obr. 8.3. [13] (8.15)

$$x = f_z * \cos \kappa_r = 1,43 * \cos 10^\circ = 1,41 \text{ [mm]} \quad (8.15)$$

kde:

$x$  podle obr.8.3,  
 $f_z$  posuv na zub šikmé destičky 1,43 [mm] (viz vztah 8.14),  
 $\kappa$  naklopení VBD  $10^\circ$  (viz obr.8.2).

Řeznou délku destičky „b“ vypočteme podle vztahu (viz obr. 8.3) [13] (8.16)

$$b = y - x = 9,4 - 1,41 = 7,99 \text{ [mm]} \quad (8.16)$$

kde:

$b$  řezná délka destičky,  
 $x$  podle obr.8.3 1,41 [mm] (viz vztah 8.15),  
 $y$  rozměr VBD 9,4 [mm] (viz příloha 19).

Známe-li řeznou délku destičky „b“ a „ $\kappa$ “, můžeme vypočítat hloubku řezu „hl“ (viz obr. 8.3) (8.17)

$$hl = b * \operatorname{tg} \kappa = 7,99 * \operatorname{tg} 10^\circ = 1,4 \text{ [mm]} \quad (8.17)$$

kde:

b řezná délka destičky (viz vztah 8.16),

κ naklopení VBD 10° (viz obr. 8.3).

Pro dodržení drsnosti volím hloubku řezu 1mm.

Otáčky vypočteme ze vztahu [3] (8.18)

$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \Rightarrow n = \frac{v_c * 1000}{\pi * D} = \frac{300 * 1000}{\pi * 36} = 2652 \text{ [ot/min]} \quad (8.18)$$

kde:

v<sub>c</sub> řezná rychlost 205-305 [m/min] , volím 250 [m/min] (viz příloha 20),

D průměr frézy 36 [mm] (viz kap. 8.2),

n otáčky [ot/min].

Posuvová rychlost potom má hodnotu [3] (8.19)

$$v_f = f_z * n * z = 1,43 * 2652 * 2 = 7584 \text{ [mm/min]} \quad (8.19)$$

kde:

f<sub>z</sub> posuv na zub 0,1-0,3 mm, volím posuv na zub f<sub>z</sub>=0,25 mm (viz příloha 20),

v<sub>f</sub> posuvová rychlost [mm/min],

n otáčky 2652 [ot/min] (viz vztah 8.18),

z počet ubíracích zubů 2 [ks] (zdroj:vlastní).

Je-li tloušťka materiálu 35 mm jako v našem případě, potom platí počet přísuvů (zdroj: vlastní) (8.20)

$$p = \frac{tl}{hl} = \frac{35}{1} = 35 \text{ [mm]} \quad (8.20)$$

kde:

tl tloušťka materiálu 35 [mm] (viz kap. 8.2),

hl hloubka řezu 1 [mm] (viz vztah 8.17),

p počet přísuvů [ks].

Celková délka obvodu (zdroj: vlastní) (8.21)

$$O_c = O * p = 1251 * 35 = 43785 \text{ [mm]} \quad (8.21)$$

kde:

O<sub>c</sub> celková délka obvodu [mm],

p počet přísuvů 35 [mm] (viz vztah 8.20),

O<sub>b</sub> délka obvodu 1251 [mm] (viz vztah 8.1).



Dráha nástroje [3] (8.22)

$$L = O_c + l_n + l_p + D = 43785 + 10 + 10 + 36 = 43841 \text{ [mm]} \quad (8.22)$$

L dráha nástroje,

O<sub>c</sub> celková délka obvodu 43785 [mm] (viz vztah 8.21),

l<sub>n</sub> najetí nástrojem k materiálu 10 [mm] (zdroj: vlastní),

l<sub>p</sub> přejetí nástrojem přes materiál 10 [mm] (zdroj: vlastní),

D průměr frézy 36 [mm] (viz kap. 8.2).

Výrobní čas vypočeme podle vzorce [3] (8.23)

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} = \frac{43841}{7584} = 5,73 \text{ [min]} \quad (8.23)$$

Kde:

L dráha nástroje 43841 [mm] (viz vztah 8.22),

v<sub>f</sub> posuvová rychlost 7584 [mm/min] (viz vztah 8.19),

t<sub>as</sub> jednotkový čas [min].

Zhodnocení

Tabulka 8.2 Vypočtené teoretické hodnoty

STROJ	NÁSTROJ	OTÁČKY	POSUVOVÁ RYCHLOST [mm/min]	VYPOČTENÝ ČAS [min]
WHN 13	ježková fréza	682	341/2032mm 150/502mm	9,29
FRFQ 300	fréza pro vysoké otáčky	2652	7584	5,73

V tabulce (viz tabulka 8.2) je znázorněna teoretická početní studie. Teoreticky je možné použít na obou strojích vyšší otáčky i posuv. V praxi však nelze vždy použít vypočtené hodnoty, protože záleží na různých ovlivňujících faktorech.

## 8.4.Porovnání strojů

Při studii popisovaného úkonu bychom mohli provést porovnání obou strojů. U skutečně nastavených hodnot obou strojů lze zhodnotit úsporu výrobního času včetně najetí stroje koeficientem 1,44. Při teoretickém výpočtu výrobního času na obou strojích bychom mohli dojít ke koeficientu 1,62 při optimální volbě nástrojů. Berme

však v úvahu faktory, které by mohly na celou skutečnost v praxi mít vliv např. drsnost povrchu obrobku, jakost obrobku a celková kvalita, tuhost stroje atd.

## 8.5. Porovnání nástrojů

Nyní porovnáme při stejném úkonu použití obou nástrojů. Zatímco ježková fréza je určena pro frézování se sníženou náchylností ke vzniku chvění a je vyrobena se zuby ve šroubovici. Je vybavena dvaceti kusy VBD ze slinutých karbidů. Proti tomu fréza pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu a ponorné frézování má upevněné čtyři VBD ze slinutých karbidů pod úhlem nastavení  $10^\circ$ . Tento úhel nastavení umožňuje využití vysoké rychlosti posuvu. Tzn. že je používána právě u typů strojů s vysokými otáčkami. Navíc je vybavena dutinou pro vnitřní chlazení nástroje. Vnitřní vysokotlaké chlazení je právě také vybavení pouze některých strojů. Při použití vnitřního chlazení nástroje se dostává chladicí kapalina včas do zahřátých míst a nejenom že chladí rozpálená místa styku břitu s obrobkem, ale také odvádí třísky z místa řezu.

### 8.5.1. Porovnání trvanlivosti břitů

Jeden břit nástroje má trvanlivost 15 – 60 min – podle různých vlivů. Průměrně je počítáno 30 min na břit.

Sledovaný úkon na stroji WHN 13 trvá 13 min. Má-li fréza po obvodu 4 zuby, znamená to, že životnost břitu na ježkové fréze je 120 min (zdroj vlastní) (8.25). Mohli bychom konstatovat, že ježkovou frézou bez otočení břitu obrobíme 9 kusů sledovaného úkonu (zdroj vlastní) (8.26).

$$t_{f1} = z_1 * t_B = 4 * 30 = 120 \text{ [min]} \quad (8.25)$$

$$K_1 = \frac{t_{F1}}{t_{asl}} = \frac{120}{13} = 9 \text{ [ks]} \quad (8.26)$$

kde:

$K_1$  počet obrobených kusů bez otočení VBD na „ježkové fréze“,

$t_{asl}$  jednotkový čas na stroji WHN 13 (skutečný) 13 min (viz tab.8.1),

$t_{f1}$  doba trvanlivosti 1 břitu na vícezubé „ježkové fréze“,

$t_B$  doba trvanlivosti 1 břitu 30 min (viz 1. odst. podkap. 8.5.1),

$z_1$  počet břitů po obvodu „ježkové frézy“ (viz 2. odst. podkap. 8.5.1).

Na stroji FRFQ 300 trvá 9 min. Má-li fréza po obvodu 4 zuby, znamená to, že životnost na fréze pro frézování s vysokými rychlostmi je 120 min (zdroj: vlastní) (8.27). Zde bychom mohli tvrdit, že frézou pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu obrobíme 13 kusů sledovaného úkonu (zdroj: vlastní) (8.28).

$$t_{f2} = z_2 * t_B = 4 * 30 = 120 \text{ [min]} \quad (8.27)$$

$$K_2 = \frac{t_{f2}}{t_{as2}} = \frac{120}{9} = 13 \text{ [ks]} \quad (8.28)$$

kde:

$K_2$  počet obrobených kusů bez otočení VBD na fréze pro rychlé posuvy,

$t_{as2}$  jednotkový čas na stroji FRFQ 300 (skutečný) 9min (viz tab. 8.1),

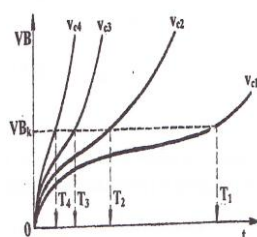
$t_{f2}$  doba trvanlivosti 1 břitu na vícezubé fréze pro rychlé posuvy,

$t_B$  doba trvanlivosti 1 břitu 30 min (viz odst. výše),

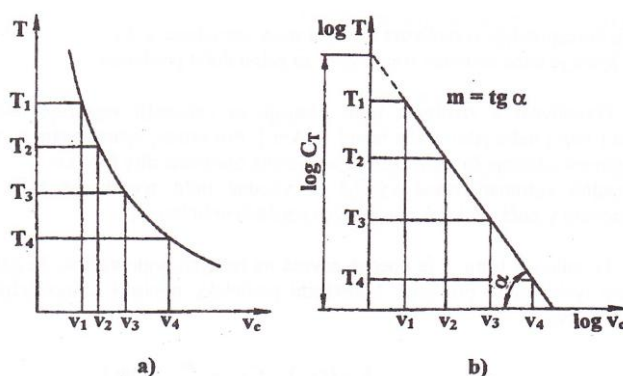
$z_2$  počet břitů po obvodu frézy pro rychlé posuvy (viz odst. výše).

Fréza pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu obrobí o čtyři kusy více stejnými břitem, než fréza ježková.

Teoreticky se tyto hodnoty vypočítají z níže uvedeného Taylorova vztahu [3], v praxi je trvanlivost nástroje ovlivňována různými faktory vlastního prostředí.



Obr.8.4 Stanovení trvanlivosti břitu  $T_1, T_2, T_3, T_4$  v závislosti na řezných rychlostech  $v_1, v_2, v_3, v_4$  pro kritické opotřebení břitu  $VB_K$  [3].



Obr.8.5 Průběh závislosti  $T$ , a) lineární souřadnice, b) logaritmické souřadnice [3].

Trvanlivost břitu nástroje (viz obr .8.4 a viz obr. 8.5) je obecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým Taylorovým vztahem [3] (8.29).

## Taylorův vztah

$$T = f * (v_c) = C_T * v_c^{-m} \quad [\text{min}] \quad (8.29)$$

$$v_c = f * (T) = C_V * T^{\frac{1}{m}} \quad [\text{m/min}]$$

$$C_V = C_T^{\frac{1}{m}} \quad [-]$$

kde:

T trvanlivost nástroje,

f posuv,

$v_c$  řezná rychlost,

$C_T$  konstanta,

$C_V$  konstanta,

m exponent (viz příloha 9).

### 8.5.2. Porovnání životnosti nástrojů (VBD)

Z podkap. 8.5.1. víme, že jeden břit v našem případě vydrží 120 min.

Tabulka 8.3 Porovnání použitých VBD.

Druh VBD	Tvar VBD viz příloha 14,17,19	Počet břitů na VBD [ks]	1 VBD vydrží [min]	Počet kusů VBD na „ježkové fréze“	Počet kusů VBD na fréze s vysokými rychlostmi posuvu
APET 150404SN	obdélník	2	240	14	-
SPET 1204ADEN	čtverec	4	480	2	-
Coromill 210	čtverec	4	480	-	4

Na ježkovou frézu pr. 63 mm je montováno 20 + 2 VBD. Zabírá 16 břitů současně. Tzn. že se současně opotřebovává 16 ks břitů. Proto je nutné zase 16 ks současně vyměnit. Budeme-li počítat 30 min na břit, vyměníme potom 16 (14+2) břitů současně.

Tzn. že teoreticky u ježkové frézy musíme za 240 min práce vyměnit 14 kusů VBD APET 150404SN, které mají hodnotu 142,60 Kč bez DPH/1kus a za 480 min práce 2 kusy VBD SPET 1204ADEN, které mají hodnotu 178,70 Kč bez DPH/1kus.

Na frézu pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu jsou montovány 4 VBD Coromill 210. Zde budeme otáčet 4 x 4 kusy břitů po 120 min.

Tzn. že teoreticky za 480 min práce musíme vyměnit jen 4 kusy VBD v hodnotě 253,11 Kč bez DPH/1kus. VBD nástroje mají životnost 480 min v počtu 4ks.

Životnost tělesa nástroje se teoreticky průměrně odhaduje na 3 roky.

## **8.6.Porovnání jakosti obrobku**

Skutečné řezné podmínky popisované v bodě 8.2. jsou vyhovujícími parametry pro jakost výrobku. Rozměrové hodnoty včetně hodnot tolerančních, geometrické tolerance i drsnost povrch jsou v obou případech dodrženy.

## **8.7.Porovnání přípravků**

Na stroji WHN 13 musí být obrobek upnut v přípravku, protože rozměry stolu jsou menší, než rozměry obrobku. Dále je zde omezení obrábění pouze v horizontální poloze vřetene. Při obrábění na obráběcím centru FRFQ 300 není nutné použití přípravku, celý výrobní proces se provádí na jedno upnutí pomocí upínek k ustavovacím kostkám. Natáčecí vřetenová hlava umožňuje frézování na osách „X“, „Y“, „Z“ a kolem svých os „B“ a „C“ jak je znázorněno na obr. 4.2 v kap. 4.

### **8.7.1.Porovnání času výměny nástrojů ve vřetenu**

Na stroji WHN 13 se provádí výměna nářadí ručně. Veškeré nářadí má obsluha v zásobníku hned vedle řídicí skříně. Obsluha u výměny nástroje nesmí chybět a nesmí se splést ve výběru. Výměna nástroje trvá 30 s.

Na stroji FRFQ 300 se provádí výměna nástroje ze zásobníku. Obsluha stroje nemusí být výměně nápomocna. Stroj si vymění nástroj podle předem nastaveného programu. Výměna nástroje trvá 60 s.

Čas na obráběcím centru je sice delší, ale stroj pracuje sám a pokud jsou nástroje v zásobníku správně uloženy, nemůže dojít k chybě výběru nástroje.

### **8.7.2.Porovnání výměny obrobku v přípravku**

Je-li použit stroj WHN 13 a tudíž upínání obrobku do přípravku, vždy se v přípravku provádí několik úseků na jedno upnutí. Celá doba přepínání se skládá z těchto pohybů. Uvolnit upínky, které upínají přípravek k otočnému stolu. Jeřábem najet nad přípravek, navléknout řetízky za oka na přípravku. Přípravek s obrobkem dopravit na určené místo. Vyjmout řetízky z ok přípravku. Uvolnit upínky, které upínají obrobek. Přípravek rozevřít. Řetízky navléknout na obrobek a do připraveného přípravku vložit. Řetízky z obrobku uvolnit, obrobek ustavit do přípravku a přípravek utáhnout. Řetízky jeřábu navléknout do ok přípravku a přípravek jeřábem dopravit na stůl stroje, spustit, ustavit, řetízky uvolnit, jeřábem poodjet, naměřit, vyrovnat, upnout upínky. Celý proces trvá 40 minut.

Na stroji FRFQ 300 je obsluha stroje takové práce ušetřena. Obrobek se totiž během obrábění nikam nepřeváží. Po prvním upnutí zůstane ustaven až do konce obráběcího procesu.

## 8.8. Porovnání ekonomického hodnocení procesu obrábění

Pořizovací hodnota “ježkové frézy” je 18.942,00 Kč bez DPH bez VBD. Pořizovací hodnota frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu je 7.324,00 Kč bez DPH bez VBD.

### Porovnání VBD na 60min práce

Porovnáme-li také nástroje na obou strojích, dojdeme k závěru, že hrubovací válcová fréza se zuby ve šroubovici pr. 63 mm opotřebovává 16 ks VBD. Z podkapitoly porovnání životnosti nástrojů víme, že VBD APET 150404SN které mají hodnotu 142,60 Kč bez DPH/1kus v počtu 14 ks musíme vyměnit za 240 min práce a VBD SPET 1204ADEN v počtu 2 ks které mají hodnotu 178,70 Kč bez DPH/1kus musíme vyměnit za 480 min práce (zdroj vlastní) (8.30).

$$C_1(Kč) = \left( \frac{z_A * c_A}{\min} + \frac{z_S * c_S}{\min} \right) * 60 \quad (8.30)$$

$$C_1(Kč) = \left( \frac{14 * 142,60}{240} + \frac{2 * 178,70}{480} \right) * 60 = 543,7 \text{ [Kč]}$$

kde:

- $C_1(Kč)$  cena VBD APET a SPET za 60min práce [Kč],  
zA počet VBD APET 150404SN na fréze [ks] (viz odst. výše),  
zS počet VBD SPET 1204ADEN na fréze [ks] (viz odst. výše),  
cA cena VBD APET 150404SN [Kč] (viz odst. výše),  
zS cena VBD SPET 1204ADEN [ks] (viz odst. výše).

Na 60 min práce stojí VBD 543,75 Kč.

Hrubovací fréza pro vysoké rychlosti posuvu pr. 36 mm opotřebovává 4 VBD Coromill 210. Z podkapitoly porovnání životnosti nástrojů víme, že VBD pro tuto frézu mají hodnotu 253,11 Kč bez DPH/1kus (zdroj vlastní) (8.31).

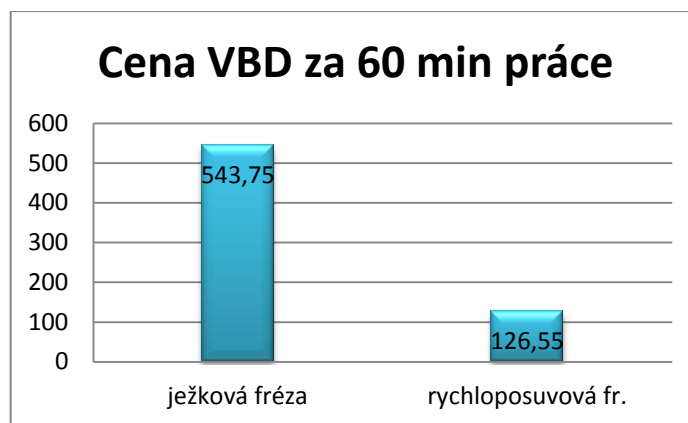
$$C_2(Kč) = \left( \frac{z_C * c_C}{\min} \right) * 60 = \left( \frac{4 * 253,11}{480} \right) * 60 = 126,55 \text{ [Kč]} \quad (8.31)$$

kde:

- $C_2(Kč)$  cena VBD Coromill 210 za 60min práce [Kč],  
zC počet VBD Coromill 210 na fréze [ks] (viz odst. výše),  
cA cena VBD Coromill 210 [Kč] (viz odst. výše).

Na 60 min práce stojí VBD 126,55 Kč.





Obr.8.6 Grafické porovnání cen VBD na 60 min práce.

Podle grafu na obr. 8.6 můžeme zjistit, že náklady na VBD pro válcovou frézu s břity ve šroubovici – ”ježkovou frézu” jsou 4,29 krát vyšší, než náklady na VBD pro frézu určenou k frézování s vysokými rychlostmi posuvu – ”turbo frézu”.

#### Porovnání nákladů VBD na sledovaném úkonu se skutečnými časy

Ve skutečnosti se ”ježkovou frézou” sledovaný úkon provádí 13 min, náklady na VBD za 13 min jsou 117,81 Kč (zdroj: vlastní) (8.32), frézou pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu se sledovaný úkon provádí 9 min, náklady na VBD za 9 min jsou 18,98 Kč (zdroj: vlastní) (8.33).

$$N_{VBD1} = \frac{C_1(Kč)}{60} * t_{as1} = \frac{543,75}{60} * 13 = 117,81 \text{ [Kč]} \quad (8.32)$$

$$N_{VBD2} = \frac{C_2(Kč)}{60} * t_{as2} = \frac{126,55}{60} * 9 = 18,98 \text{ [Kč]} \quad (8.33)$$

kde:

$N_{VBD1}$  náklady na VBD ”ježkové frézy” u sledovaného úkonu [Kč],

$N_{VBD2}$  náklady na VBD frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu u sledovaného úkonu [Kč],

$C_1(Kč)$  cena VBD APET a SPET za 60 min práce [Kč] (viz vztah 8.30),

$C_2(Kč)$  cena VBD Coromill 210 za 60min práce [Kč] (viz vztah 8.31),

$t_{as1}$  jednotkový čas na stroji WHN 13 (skutečný) 13 [min] (viz tab. 8.1),

$t_{as2}$  jednotkový čas na stroji FRFQ 300 (skutečný) 9 [min] (viz tab. 8.1).

#### Porovnání nákladů sledovaného úkonu podle sazeb strojů s použitím skutečných časů

Na stroj WHN 13 je počítána sazba 929,80 Kč/hod, sledovaný úkon trvá 13 min, práce sledovaného úkonu bude stát 201,45 Kč [14] (8.34). Proti tomu na stroj

FRFQ 300 je počítána sazba 1383,00 Kč a sledovaný úkon trvá 9 min ,potom bude práce sledovaného úkonu stát 207.45 Kč [14] (8.35).

$$N_{s1} = \frac{S_1}{60} * t_{as1} = \frac{929,80}{60} * 13 = 201,45 \text{ [Kč]} \quad (8.34)$$

$$N_{s2} = \frac{S_2}{60} * t_{as2} = \frac{1383,00}{60} * 9 = 207,45 \text{ [Kč]} \quad (8.35)$$

kde:

- NS1 Náklady na strojní práci WHN 13 na sledovaný úkon [Kč],
- NS2 Náklady na strojní práci FRFQ 300 na sledovaný úkon [Kč] ,
- S1 Sazba na vodorovnou vyvrtávačku WHN 13 je 929,80 [Kč] (viz odst. výše),
- S2 Sazba na obráběcí centrum FRFQ 300 je 1383,00 [Kč] (viz odst. výše),
- tas1 jednotkový čas na stroji WHN 13 (skutečný) 13 [min] (viz tab. 8.1),
- tas2 jednotkový čas na stroji FRFQ 300 (skutečný) 9 [min] (viz tab. 8.1).

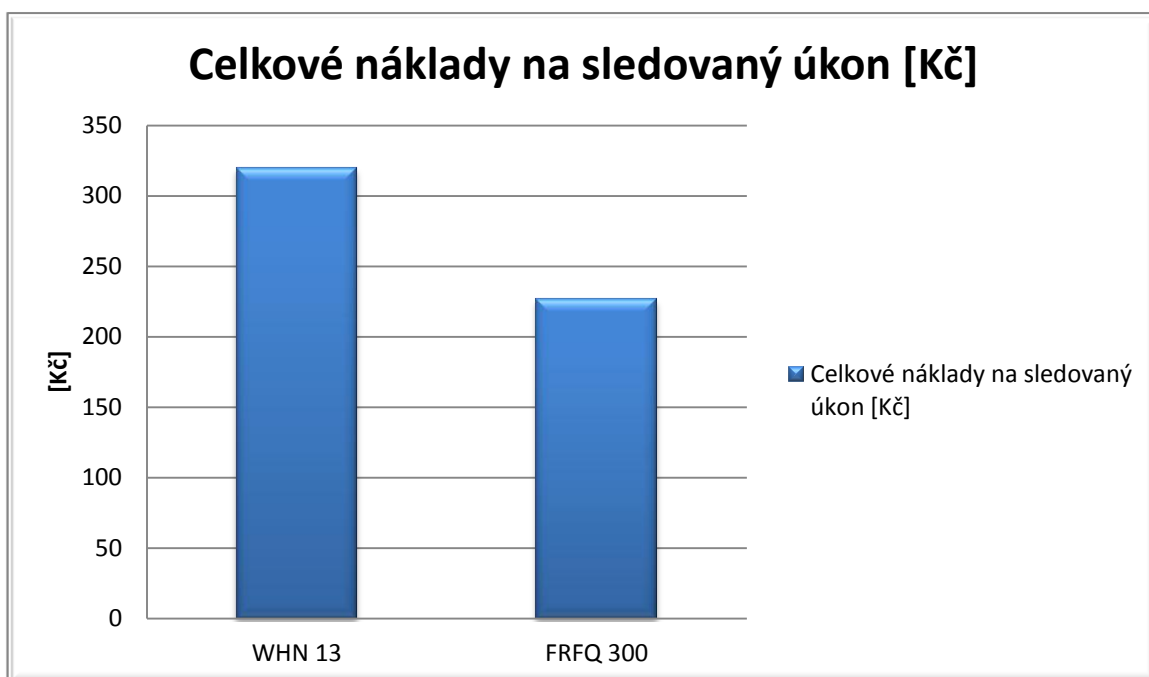
Sečteme-li náklady na VBD a náklady na stroj za sledovaný úkon, dojdeme k závěru, že tento úkon na vodorovné vyvrtávačce WHN 13 stojí 319,26 Kč (zdroj: vlastní) (8.36) a na obráběcím centru stojí 226,43 Kč (zdroj: vlastní) (8.37).

$$N_{WHN} = N_{VBD1} + N_{s1} = 117,81 + 201,45 = 319,26 \text{ [Kč]} \quad (8.36)$$

$$N_{FRFQ} = N_{VBD2} + N_{s2} = 18,98 + 207,45 = 226,43 \text{ [Kč]} \quad (8.37)$$

kde:

- NWHN Celkové náklady na sledovaný úkon vodorovné vyvrtávačky WHN 13 [Kč],
- NFRFQ Celkové náklady na sledovaný úkon obráběcího centra FRFQ 300 [Kč],
- NVBD1 Náklady na VBD "ježkové frézy" u sledovaného úkonu 117,81 [Kč] (viz vztah 8.32),
- NVBD2 Náklady na VBD frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu u sledovaného úkonu 18,98 [Kč] (viz vztah 8.33),
- NS1 Náklady na strojní práci WHN 13 na sledovaný úkon 201,45 [Kč] (viz vztah 8.34),
- NS2 Náklady na strojní práci FRFQ 300 na sledovaný úkon 207,45 [Kč] (viz vztah 8.35).



*Obr.8.7 Grafické znázornění celkových nákladů na sledovaný úkon.*

Používání obráběcího centra nám v tomto případě přináší 29% úsporu.

## **9. Shrnutí výhod a nevýhod převodu. Ekonomické hodnocení.**

Na každý ze strojů jsou teoreticky předepsané takové nástroje, které jsou pro dané podmínky stroje vhodné. Na obráběcí centrum FRFQ 300 jsou předepsané nástroje vhodné pro vysoké otáčky a vnitřní vysokotlaké chlazení. Na vodorovnou vyvrtávačku WHN 13 jsou předepsané nástroje, které jsou pro dané parametry stroje vyhovující.

Nevýhodou používání obráběcího centra FRFQ 300 je vyšší hodinová sazba, která plyne z pořizovací hodnoty stroje.

Výhodami používání obráběcího centra FRFQ 300 je však nižší spotřeba elektrické energie, menší roční náklady na údržbu stroje, nižší výrobní časy jednotlivých úkonů a nižší manipulační časy a především odstranění přípravků.

Na sledovaném úkonu v kap. 8 byly počítány náklady na stroj pouze v jednom úkonu. Pro stroj WHN 13 je hodnota 319,26 Kč včetně opotřebování VBD a pro stroj FRFQ 300 je hodnota 226,43 Kč včetně opotřebování VBD. Úspora na sledovaném úkonu je tedy 40 %. Ve chvíli, kdy budou ke stroji FRFQ 300 doplněny nástroje i pro další úkony, dojde v každém z nich ke snížení výrobních časů a celkový čas výroby předčí vodorovnou vyvrtávačku WHN 13.

## **10. Předpoklady a realizace převodu**

Výroba je postupně z WHN 13 na FRFQ 300 převáděna. Vzhledem k tomu, že výroba musí být převedena ze stroje na stroj plynule, aby nic neohrozilo plánované expedice, nejsou zatím zdaleka vyčerpány možnosti v technologii obrábění na obráběcím centru. V současné době jsou na obráběcím centru používány v některých případech stejné nástroje jako na stroji WHN 13. Připravuje se však obnovení nástrojů pro vysokootáčkové použití. Nyní jsou používány vrtáky z rychlořezné oceli, které budou v brzké době nahrazeny dutými vrtáky pro vysokotlaké chlazení. Menší průměry vrtáků jsou celistvé monolitní vyrobené ze slinutých karbidů. Větší vrtáky s průměrem nad 10mm mají těleso z konstrukční oceli a vyměnitelnou karbidovou korunku. S použitím takových materiálů bude jednoznačně snížen čas na jednotlivých úkonech a bude dosaženo plánované produktivity. Předpokládaná realizace probíhá tedy plynule.

Vzhledem k tomu, že firma přechází na obrábění s vysokými rychlostmi posuvu a vysokými otáčkami, doporučuji prozkoumat vliv řezné kapaliny při výrobě z ekologického hlediska.

## 11. Závěrečné hodnocení

V závěrečném hodnocení bychom mohli provést shrnutí předešlých kapitol.

V kap. 8 bylo provedeno porovnání vodorovné vyvrtávačky WHN 13 a obráběcího centra FRFQ 300 na jednom úkonu. Na vodorovné vyvrtávačce WHN 13 je použita hrubovací válcová fréza se zuby ve šroubovici pr. 63 mm – „ježková fréza“. Na obráběcím centru FRFQ 300 je použita fréza pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu pr. 36 mm. V tab. 8.1 jsou znázorněné skutečné výrobní časy. V tab. 8.2 jsou zapsané teoreticky vypočtené časy. Jednoznačně bylo zjištěno, že úkon na obráběcím centru FRFQ 300 je proveden za nižší výrobní čas ve skutečnosti i v teoretických výpočtech.

Při porovnání skutečných a teoretických hodnot časů dojdeme k závěru, že by oba stroje mohly teoreticky podávat vyšší výkony. V praxi však musíme brát ohledy na různé ovlivňující faktory, jako je např. jakost obrobku, tuhost stroje, chladicí řezná kapalina, atd.

Dále jsme v kap. 8 porovnávali pořizovací hodnotu nástroje. Pořizovací hodnota „ježkové frézy“ pro vodorovnou vyvrtávačku WHN 13 je 18.942,00 Kč bez DPH a bez VBD. Pořizovací hodnota frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu pro obráběcí centrum FRFQ 300 je 7.324,00 Kč bez DPH a bez VBD. Zde je opět jasně vidět, že výhodnější nástroj má obráběcí centrum.

Dalším porovnáním byly náklady na VBD, kdy VBD pro ježkovou frézu na sledovaný úkon mají náklady 117,81 Kč bez DPH a VBD pro frézu pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu na sledovaný úkon mají náklady 18,98 Kč bez DPH. Z tohoto odstavce plyne že náklady na VBD jsou výhodnější pro frézu pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu a tudíž také pro obráběcí centrum FRFQ 300.

Hodinová sazba vodorovné vyvrtávačky WHN 13 je 929,80 Kč a hodinová sazba obráběcího centra FRFQ 300 je 1383,00 Kč. Zde bychom mohli hodnotit ve prospěch vodorovné vyvrtávačky WHN 13. Vypočteme-li však náklady na stroj se vstupními daty hodinové sazby za stroj, výrobního času a opotřebení VBD, dojdeme k závěru, že sledovaný úkon na vodorovné vyvrtávačce WHN 13 byl prováděn za cenu 319,26 Kč a na obráběcím centru FRFQ 300 byl prováděn za cenu 226,43 Kč.

Závěrečné hodnocení poukazuje na převod výroby z vodorovné vyvrtávačky WHN 13 na obráběcí centrum FRFQ 300.



## 12.Závěr

Pořízení obráběcího centra FRFQ 300 bylo do firmy BTCZ opravdu velkým přínosem.

Obrábění lze provádět na jedno upnutí bez použití přípravků. Částečným odstraněním manipulace dochází k úspoře přípravného času. Tato úspora může být v některých případech dosti značná.

V případě obrábění příčnicku je svařenec na vodorovné vyvrtávače WHN 13 upnut do přípravku, ustaven i s přípravkem na otočný stůl, obroben na všech dostupných plochách. Další plochy není možné v této poloze obrobit z důvodu nedostupnosti nástroje k obrobku. Konstrukce přípravku brání totiž styku nástroje s obrobkem. Následuje tedy odepnutí přípravku od otočného stolu, přemístění jeřábem na určené manipulační místo, otočení přípravku se svařencem kolem osy „X“ o 90°. Otočený přípravek pomocí jeřábu dopravit zpět na otočný stůl, upnout. V jiném případě může dojít k přepnutí svařence do druhého přípravku.

Obráběním na obráběcím centru FRFQ 300 je celý tento manipulační proces odstraněn díky otočné hlavě, která má možnost obrábět z pěti os kap.5.

Úspora času, kterou lze mimo jiné na obráběcím centru pozorovat je měření po obrobení. Vzhledem k číslíkovému řízení stroje nemusí obsluha znovu měřit obrobek, požadované hodnoty je možné přečíst přímo na stroji kap.6.

Vzhledem k vysokým technickým parametrům obráběcího centra lze obrábět na vysoké otáčky a tudíž i na rychlé posuvy. V kap.8 je podrobně popsán proces využití frézy pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu. Obráběcí centrum FRFQ 300 má možnost využití 4000 ot/min. Úkon, který jsme pozorovali na obráběcím centru měl využití otáček na 2470 ot/min a posuvovou rychlost na 5000 mm/min. Skutečná časová úspora na sledovaném úkonu je 30 %, teoretická dokonce 38 %.

Je zde možnost využití vysokotlakého vnitřního chlazení. Speciální nástroje určené pro takový typ stroje mají ve svém těle dutinu. Ta prochází celým nástrojem a její otvory ústí kolem břitů nástroje. Vysoký tlak způsobuje silný proud kapaliny, která kromě chlazení také vyplavuje nečistoty z místa řezu kap.5.

V kap. 8 je prozkoumán úkon obrábění čtyřhranného otvoru na vodorovné vyvrtávače WHN 13 a na obráběcím centru FRFQ 300. Je možno zde nalézt skutečné i teoretické hodnoty. Skutečný čas zde má úsporu 30 %, teoretický čas má úsporu dokonce 38 %. V praxi však nelze vždy použít vypočtené hodnoty, protože záleží na různých ovlivňujících faktorech.

Při výpočtech porovnání VBD na sledovaném úkonu bylo v podkap. 8.8 zjištěno, že náklady na VBD pro válcovou frézu s břitý ve šroubovici „ježkovou frézu“, která je používána na vodorovné vyvrtávače WHN 13 jsou 6,2 krát větší, než náklady na VBD na frézu pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu, která je používána na obráběcím centru FRFQ 300.

Hodinová sazba na obráběcím centru je sice vyšší, ale obrobí-li obráběcí centrum FRFQ 300 stejný úkon za kratší čas, potom jsou hodnoty obou strojů srovnatelné nebo dokonce nižší. Porovnáme-li sledovaný úkon z podkap. 8.8, kdy vezmeme v úvahu stroj i nástroj, dojdeme k závěru, že celkové náklady na vodorovnou

vyvrtávačku WHN 13 jsou 319,26 Kč a na obráběcí centrum FRFQ 300 jsou celkové náklady 226,43 Kč, což činí úsporu 29 %.

V tuto chvíli lze jednoznačně konstatovat, že obráběcí centrum je vhodnější variantou výroby svařenců.

## Seznam použité literatury

- [1] VÍTEČEK, V. *Technologie Bombardier Transportation Czech Republic a.s. - Praxe a zkušenosti*. 2. vyd., prosinec 2010.
- [2] VÍTEČEK, V. *Současný stav obrábění svařenců*. 3.rev. BTCZ a.s., leden 2010
- [3] KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, s.r.o., prosinec 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [4] VLACH, B., aj. *Technologie obrábění a montáží*. 1. vyd. Praha: SNTL 1990. 464 s. ISBN 80-03-00143-9.
- [5] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Rec. P. Holubář, V. Šída. 1. vyd. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [6] HLUCHÝ, M., HANĚK, V. *Strojírenská technologie 2 – Koroze, základy obrábění, výrobní postupy 2.díl*. Lektorovali DUB, V., NĚMEC, L., ŠEFRNA, V. 2.vyd. Praha: SCIENTIA, spol. s.r.o., 2001. ISBN 80-7183-245-6.
- [7] ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3 – Metody, stroje a nástroje pro obrábění 1.díl*. Lektorovali HANĚK, V., KAFKA, J., 2.vyd. Praha: SCIENTIA, spol. s.r.o., 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [8] ŘASA, J., POKORNÝ, P., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3 –Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění 2.díl* Lektorovali HANĚK, V., KAFKA, J., 2.vyd. Praha: SCIENTIA, spol. s.r.o., 2005. ISBN 80-7182-336-3.
- [9] PRAMET . *Příručka obrábění*
- [10] PRAMET . *Katalog nástrojů*
- [11] SANDVIK COROMAT . *Rotační nástroje - Frézování, vrtání, vystružování, nástrojové systémy*. 2011
- [12] SANDVIK COROMAT . *Technická příručka - Soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*. 2010
- [13] Podniková literatura firmy Bombardier Transportation Czech Republic a.s.
- [14] JERSÁK, J. *E08\_ReznePodminky-Optimalizace obrábění*. TU v Liberci, katedra obrábění a montáže.

## Seznam příloh

- 1) Výkres čelní (základové) desky [13] (1 strana)
- 2) Obráběcí výkres pro příčník, list 1 [13] (1 strana)
- 3) Obráběcí výkres pro příčník, list 2 [13] (1 strana)
- 4) Výkres pro představek, list 1 [13] (1 strana)
- 5) Výkres pro představek, list 2 [13] (1 strana)
- 6) Výkres pro představek, list 3 [13] (1 strana)
- 7) Výkres pro představek, list 4 [13] (1 strana)
- 8) Informativní řezné podmínky pro frézování [3] (1/2 strany)
- 9) Exponent pro výpočet trvanlivosti nástroje [3] (1/2 strany)
- 10) Technické parametry stroje WHN 13 CNC, kap. 3 [13] (1 strana)
- 11) Technické parametry FRFQ 300, popis stroje v kap.4 [13] (1 strana)
- 12) Automaticky výměnná vřetenová hlava VK S automatickou výměnou nástrojů ISO 50 DIN 69871-B [13] (1/2 strany)
- 13) Automaticky výměnná vřetenová hlava VP10 s ruční výměnou nástrojů HSK 63, max.4000 ot./min, max Mk = 400Nm [13] (1/2 strany)
- 14) Použité VBD pro “ježkovou frézu” z katalogu dodavatele PRAMET [10] (1/2 strany)
- 15) Hodnoty použitých VBD APET z katalogu PRAMET [10] (1/2 strany)
- 16) Doporučené hloubky řezu a posuvy použitých VBD APET z katalogu PRAMET [10] (1/2 strany)
- 17) Hodnoty použitých VBD SPET z katalogu PRAMET [10] (1/2 strany)
- 18) Doporučené hloubky řezu a posuvy použitých VBD SPET z katalogu PRAMET [10] (1/2 strany)
- 19) VBD pro frézu s vysokou rychlostí posuvu z katalogu SANDVIK 2011 [11] (1/2 strany)
- 20) Výběr z tabulky pro tloušťku třísky a řeznou rychlost VBD pro frézu s vysokou rychlostí posuvu z katalogu SANDVIK 2011 [11] (1/2 strany)
- 21) Hodnota korekčního součinitele pro posuv v rozích z katalogu SANDVIK Technická příručka [12] (1/2 strany)

[illegible]

**Technical Drawing Details:**

- View A-A:** Longitudinal section. Dimensions: 2745 ±0.5, 310, 305 ±0.5, 1800 ±0.5, 2805 ±0.5. Section line A-A is indicated.
- View C-C:** Cross-section. Dimensions: 15, 0.1. Section line C-C is indicated.
- View D-D:** Cross-section. Dimensions: 225, 126. Section line D-D is indicated.

**Title Block:**

VYKRES PRO OBRABENI  
3EGH489002-7043CM01  
BOMBARDIER  
TECHNOLÓGIE  
DESIGNED BY CARTIA A2



**B-B**  
Scale: 1:2

**E-E**  
Scale: 1:5

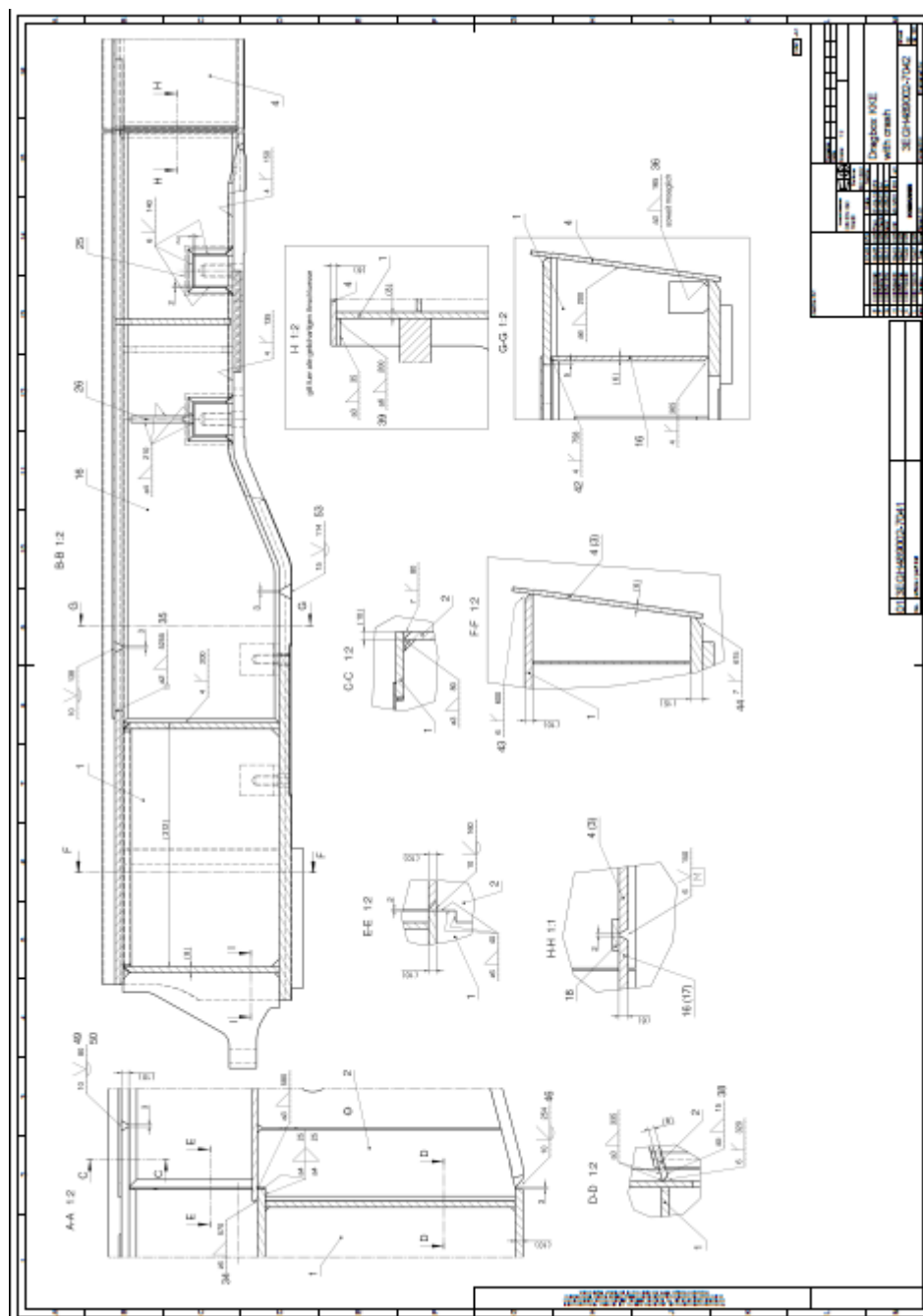
**F-F**  
Scale: 1:5

**VYKRES PRO OBRABENI**  
3EGH489002-7043CM01  
BOMBARDIER  
TECHNOLOGIE

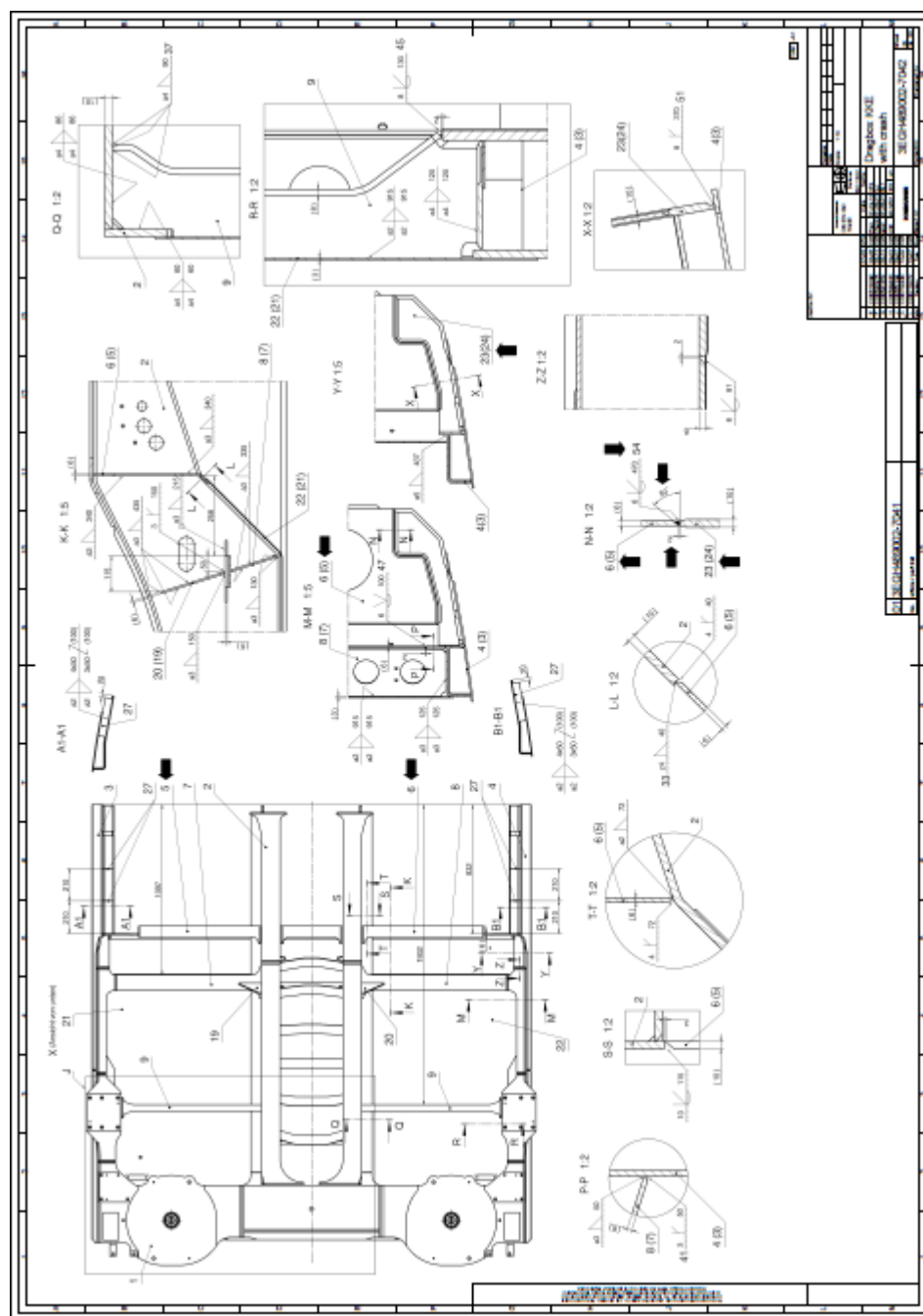
DESIGNED BY: CATIA A3

[illegible]

## Příloha 5 – výkres pro představek, list 2



## Příloha 6 – výkres pro představek, list 3



[illegible]

### Příloha 8 - informativní řezné podmínky pro frézování

Materiál obrobku Rm , HB	Mat. nástr.	Frézovací hlavy		Kotoučové a válcové frézy			Čelní válč. stop. fr.	
		vc	fz	vc hrub.	vc čisto	fz	vc	fz
		[m/min]	[mm]	[m/min]	[m/min]	[mm]	[m/min]	[mm]
Ocel Rm 500- 800MPa	RO	45	0,1-0,2	27	35	0,1-0,3	30	0,1-0,2
Ocel Rm 800- 1000MPa	RO	30	0,1-0,15	20	25	0,1-0,2	25	0,1-0,2
Ocel Rm 500- 800MPa	SK (P25)	100	0,1-0,2	175	195	0,15- 0,25	135	0,1-0,25
Ocel Rm 800- 1000MPa	SK (P25)	80	0,1-0,15	145	160	0,15- 0,25	100	0,1-0,15
Šedá litina HB 160	RO	35	0,1-0,3	25	30	0,1-0,2	35	0,1-0,2
Šedá litina HB 200	RO	25	0,1-0,3				25	0,1-0,15
Šedá litina HB 160	SK (K10)	60	0,1-0,35	75	100	0,1-0,3	70	0,1-0,3
Šedá litina HB 200	SK (K10)	50	0,1-0,25				55	0,1-0,2
Hliník střední	RO	250	0,1-0,3	280	390	0,1-0,2	110	0,1-0,2
Hliník střední	SK (K10)	700	0,1-0,25	550	650	0,1-0,2	650	0,1-0,2
Hliník tvrdý	SK (K10)	250	0,1-0,25				250	0,1-0,2

### Příloha 9 - exponent pro výpočet trvanlivosti nástroje

	m	
nástrojové oceli	10 - 8	až (6)
rychlořezné oceli	8 - 5	až (3)
slinuté karbidy	5 - 2,5	až (2)
řezná keramika	2,5 - 1,5	až (1,2)

## Příloha 10 - technické parametry stroje WHN 13 CNC, kap. 3

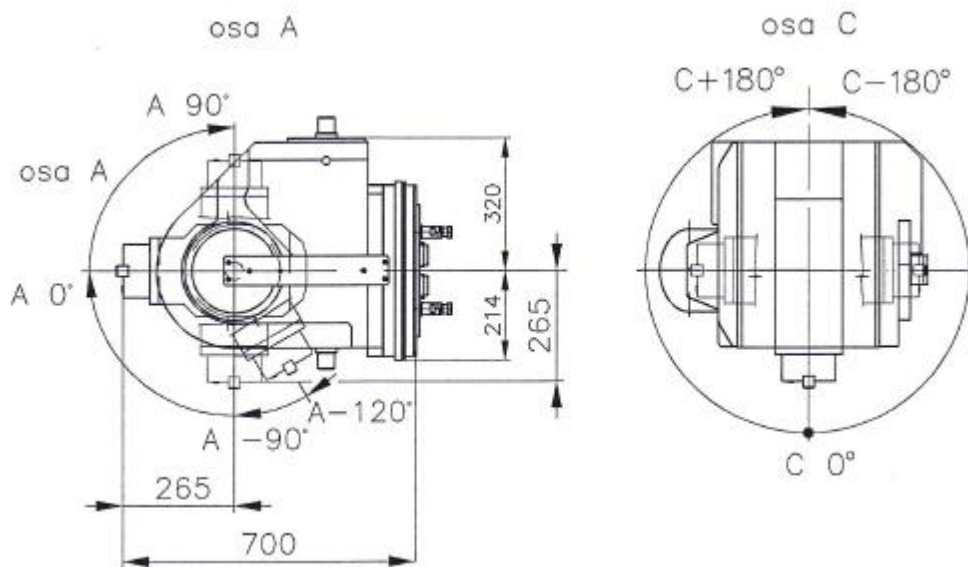
Průměr pracovního vřetena	130 mm
Kuželová dutina vřetena	ČSN 220430 50
Výsuv pracovního vřetena	800 mm
Otáčky pracovního vřetena	
-8 řad po stupních v geom. řadě	12,5 - 800 ot/min
- s možností procentní změny za chodu stroje v rozmezí 10-110 %	1,25 - 900 ot/min
Průměr příruby dutého vřetena	280 mm
Průměr (max) středícího kuželu dutého vřetena (7:24)	180 mm
Maximální krouticí moment na vřetenu (při otáčkách 12,5-31,5)	10 300 Nm
Svislé přestavení osy pracovního vřetena (Y)	2 000mm
Podélné přestavení stojanu (W)	1 250 mm
Příčné přestavení stolu (X)	3 500 mm
Upínací plocha stolu	1 800 x 1 600 mm
Maximální zatížení stolu	120 kN
Velikost spínacích T drážek	ČSN 021030 22
Rozteč T drážek	160 mm
Hmotnost stroje včetně elektrovýzbroje:	
Posuvy:	
I. Řada - všechny skupiny	2,5 - 160 mm/min
II. Řada - všechny skupiny	50 - 3 200 mm/min
Rychloposuv - všechny skupiny	3 200 mm/min
Mikroposuv - všechny skupiny	5 mm/min
Výkony elektromotorů:	
Stejnoseměrný motor pohonu vřetena max.	38 kW
Stejnoseměrný motor posuvů (2x)	6 kW
Ostatní menší motory celkem - asi	5 kW
Instalovaný příkon stroje	80 kVA
Řezání závitů pomocí přídavného zařízení (ZP):	
Metrické závity - počet stuňů 20, rozsah stoupání	2 - 24 mm
Whitworth. závity - počet stuňů 24, rozsah stoupání	12 - 1 chodů/"
Hydraulický agregát:	
Pracovní tlak okruhů	5,8 - 6,5 Mpa
Množství oleje v nádrži	55 l
Výkon čerpadla	5,2 l/min
Mazací agregát:	
Pracovní tlak	0,03 Mpa
Množství oleje v nádrži	15 l
Výkon čerpadla	0,5 l/min
Zastavěná plocha	43 m <sup>2</sup>



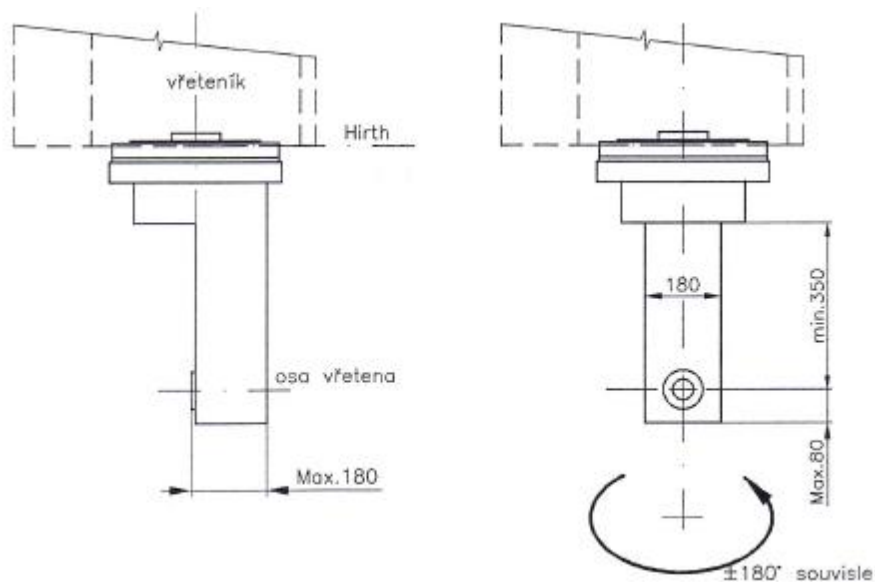
## Příloha 11 - technické parametry FRFQ 300, popis stroje v kap.4

Stůl A10 o rozměrech	3 000 x 10 000 mm
Podélná osa X	9 000 mm
Příčná osa Y	3 800 mm
Svislá osa Z	1 500 mm
Průchodnost mezi stojany	3 550 mm
Průchodnost mezi upínací plochou stolu a příčnickem	2 050 mm
Metrické provedení stroje	ano
Provedení vřeteníku	s automatickou výměnnou vřetenových hlav VK a VP 10
způsob upínání nástrojů ve vřetení	DIN
Automaticky výměnná vřetenová hlava	"VK" 4 000 ot/1 000Nm, kužel ISO 50
Automaticky výměnná vřetenová hlava	"VP 10" 4 000 ot/min s ruční výměnou nástrojů a kuželem HSK 80
Zásobník "Pick-up" pro automaticky výměnné hlavy	VK a VP 10 uprostřed stolu
Ruční kolečko	ano
Chladicí agregát pro teplotní stabilizaci náhonu vřetenových hlav	ano
Zásobník nástrojů R40 s kuželem ISO 50	40 lůžek
Nosnost stolu	4t/m <sup>2</sup>
Karta Ethernet s řídicím systémem Heidenhain iTNC 530	ano
Využitelný výkon hlavního pohonu	30 kW
Vnější nízkotlaké chlazení nástrojů (tlak/množství/nádrž)	5/50/1500
Vysokotlaké středové chlazení nástrojů na agregátu (tlak/množství/nádrž)	20/35/180
Vnější nízkotlaké chlazení nástrojů v kombinaci voda + vzduch	ano
Oplachová pistole	2x
Článekový dopravník třísek včetně nádoby na třísky	2ks
Obrobková radiová sonda Rainbow RMP60	1ks
Sonda nástrojová optika Rainbow NC4	1ks
Dálková diagnostika stroje po dobu trvání záruky	ano
Pevná pracovní plošina obsluhy	ano
Zabezpečení pracovního prostoru ochranným oplocením s blokováním (jeden pracovní prostor)	ano
Zastavěná plocha	165 m <sup>2</sup>

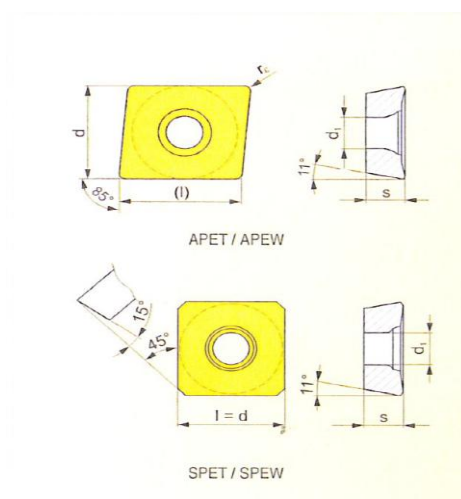
**Příloha 12 - Automaticky výměnná vřetenová hlava VK  
S automatickou výměnou nástrojů ISO 50 DIN 69871-B**



**Příloha 13 - automaticky výměnná vřetenová hlava VP10 s ruční  
výměnou nástrojů HSK 63, max.4000 ot./min, max Mk = 400Nm**



## Příloha 14 - Použité VBD pro “ježkovou frézu” z katalogu dodavatele PRAMET



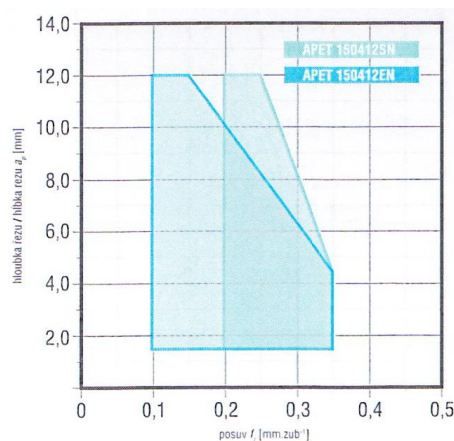
## Příloha 15 - hodnoty použitých VBD APET z katalogu PRAMET

APET EN/SN		Velikost	Velikost			
		l	d	s	d <sub>1</sub>	r <sub>c</sub>
		1504	15,900	12,700	4,76	5,50

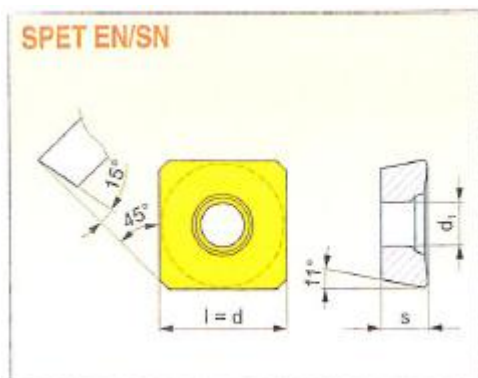
Nástroje viz str. / Nástroje viz str.: 112; 114

Utvařec Utvařač	ISO	ANSI	Materiály								Rádus	Posun na zub		Hloubka řezu Hloubka rezu	
			8026	8040								f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p, min</sub>	a <sub>p, max</sub>
	APET 150412EN	APET -33EN	●								1,2	0,10	0,35	1,50	12,00
	APET 150412SN	APET -33SN	●	●							1,2	0,20	0,35	1,50	12,00

## Příloha 16 - doporučené hloubky řezu a posuvy použitých VBD APET z katalogu PRAMET




## Příloha 17 - hodnoty použitých VBD SPET z katalogu PRAMET

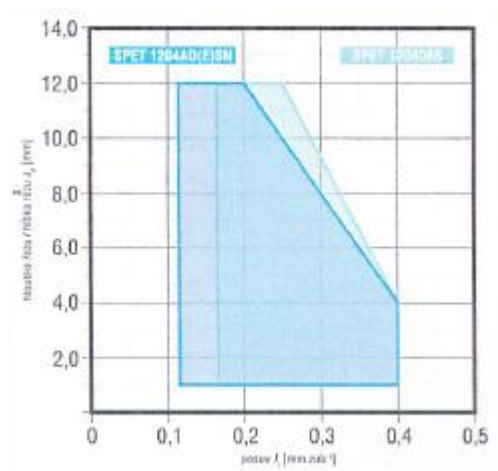


Velikost Velikost	l	d	s	d <sub>1</sub>	m
1204	12,700	12,700	4,76	5,50	1,9

Nástroje viz str. / Nástroje viz str.: 112; 114

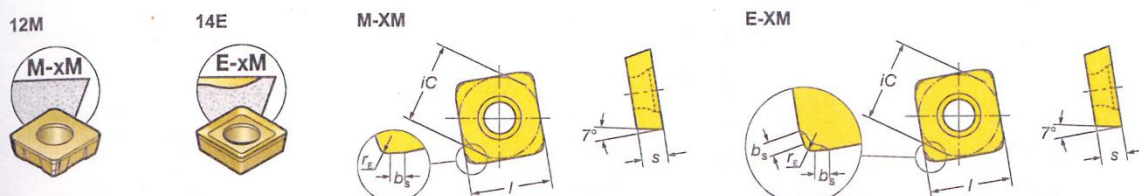
Utvařec Utvářač	ISO	ANSI	Materiály								Rádus	Posuv na zub		Hloubka řezu Hloubka řezu	
			8025	8040								$r_e$	$f_{min}$	$f_{max}$	$a_{p\ min}$
	SPET 1204ADEN	SPET 43ADEN	●	●								0,12	0,40	1,00	12,00
	SPET 1204ADSN	SPET 43ADSN	●	●								0,12	0,40	1,00	12,00

## Příloha 18 - doporučené hloubky řezu a posuvy použitých VBD SPET z katalogu PRAMET



## Příloha 19 - VBD pro frézu s vysokou rychlostí posuvu z katalogu SANDVIK 2011

### Břitové destičky pro CoroMill® 210



Rozměry v mm (palcích)

Velikost	E-xM		M-xM	
	$l = iC$		$l = iC$	
09	9.5 (.374)	4.50 (.177)	9.4 (.370)	4.00 (.158)
14	14.6 (.575)	5.26 (.207)	14.5 (.571)	4.76 (.188)

	Objednávací kód	Rozměry, milimetr, inch (mm, in.)											
		P				M				S			
		1030	2030	3040	4220	4230	4240	1030	2030	3040	4220	1030	2030
Střední obrábění	R210-09 04 12M-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-09 04 12M-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-09 04 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-09 04 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 12M-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 12M-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
Střední obrábění	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
Střední obrábění	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-MM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	R210-14 05 14E-PM	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆



**Příloha 20 - výběr z tabulky pro tloušťku třísky a řeznou rychlost VBD pro frézu s vysokou rychlostí posuvu z katalogu SANDVIK 2011**

ISO P			Měrná řezná síla $k_c$ 1	Tvrdost podle Brinella		GC4240
č. MC	č. CMC	Materiál	N/mm <sup>2</sup>	HB	mc	0.1-0.2-0.3
P1.1.Z.AN	01.1	Ocel Nelegovaná	1500	125	0.25	340-280-230
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0,1–0,25 %	1600	150	0.25	305-250-205
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0,25–0,55 %	1700	170	0.25	290-235-195
P1.3.Z.AN	01.4	C = 0,55–0,80 %	1800	210	0.25	250-205-170
P1.3.Z.HT	01.5		2000	300	0.25	185-155-125
P2.1.Z.AN	02.1	Nízkolegovaná (obsah legujících prvků ≤ 5%)	1700	175	0.25	240-195-160
P2.5.Z.HT	02.2	Nezušlechťená Kalená a popuštěná	1900	300	0.25	155-130-105
P3.0.Z.AN	03.11	Vysokolegovaná (legury > 5 %)	1950	200	0.25	165-135-110
P3.1.Z.AN	03.13	Žíhaná	2150	200	0.25	135-110-90
P3.0.Z.HT	03.21	Zušlechťená nástrojová ocel	2900	300	0.25	120-100-80
P3.0.Z.HT	03.22		3100	380	0.25	75-60-50
P1.5.C.UT	06.1	Na odlitky	1400	150	0.25	220-180-150
P2.6.C.UT	06.2	Nelegovaná	1600	200	0.25	175-145-120
P3.0.C.UT	06.3	Nízkolegovaná (obsah legujících prvků ≤ 5%) Vysokolegovaná (legury > 5 %)	1950	200	0.25	130-105-85

**Příloha 21 - hodnota korekčního součinitele pro posuv v rozích z katalogu SANDVIK Technická příručka (pr.frézy  $D_c=63\text{mm}$ , R oblouku rad  $m=40\text{mm}$ , hloubka řezu  $a_e=3\text{mm}$ ).**

**Svislá osa... $D_c/\text{rad } m=63/40=1,575\text{mm}$**

**Vodorovná osa... $a_e/D_c=3/63=0,05\text{mm}$**

**Koeficient  $k=0,44$**

Hodnota korekčního součinitele pro posuv v rozích (k)										
$D_c/\text{rad}_m$	$a_e/D_c$									
	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
2.00	0.22	0.34	0.40	0.45	0.48	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.80	0.30	0.34	0.42	0.46	0.50	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.60	0.44	0.42	0.44	0.49	0.53	0.56	0.60	0.67	0.75	0.86
1.40	0.55	0.54	0.54	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.75	0.86
1.20	0.63	0.64	0.64	0.64	0.62	0.65	0.63	0.71	0.75	0.86
1.00	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.62	0.77	0.79	0.83	0.86
0.80	0.78	0.79	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.94
0.60	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.96
0.40	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98
0.20	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99

$v_f \text{ redukovaná} = k \times v_f$